

关于苏联生物物理学在农业中的 成就和任务的科学会议论文集

A. M. 庫津 主編

科学出版社

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**ТРУДЫ НАУЧНОЙ СЕССИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ
ДОСТИЖЕНИЯМ И ЗАДАЧАМ
СОВЕТСКОЙ БИОФИЗИКИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва — 1955

关于苏联生物物理学在农业中的 成就和任务的科学会议论文集

A. M. 庫津 主編

李 賦 鎬 等 譯

科 学 出 版 社

1957年12月

中科院植物所图书馆



S0014679

內 容 提 要

这是一本科学會議論文集，报导了苏联科学家在农业中应用物理方法的成果。内容包括各种射线(放射性射线、X射线、超声波等)对植物和动物的刺激作用；人工光照的应用；烟幕保护；紫外线灭菌和刺激；高频处理；示踪原子和放射性色谱分析以及生物电流等方面。除了苏联的工作外还介绍了許多参考文献，是生物物理学和农业工作者的良好读物。

关于苏联生物物理学在农业中的 成就和任务的科学會議論文集

〔苏〕A. M. 庫 津 主 編

李 賦 鎬 等 譯

*

科学出版社出版(北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 061 号

上海中科艺文联合印刷厂印刷 新華書店总經售

*

1957年12月第 一 版

1957年12月第一次印刷

(滬)0001—1,271

書号：0912 印張：13 13/27

开本：787×1092 1/27

字数：274,000

定价：(10) 2.10 元



目 录

生物物理学在农业中的任务(开幕詞).....A. M. 庫津 (1)

I. 在农业中应用电离性射綫和超声波的可能性

小剂量电离射綫对农业植物的影响.....П. A. 烏拉修克 (7)

小剂量倫琴射綫和放射性鈷对植物生長作用的研究.....

Л. П. 勃列斯拉維奇 З. Ф. 米列契克 B. A. 亞茨科娃 (42)

在农业中应用超声波的展望.....И. E. 爱尔皮聶尔 (55)

在討論会上的发言.....П. Ф. 米納耶夫 (62)

II. 植物人工光照和烟幕保护在农业中的应用

人工光照在溫室栽培中的应用.....

.....M. B. 索科洛夫 C. B. 塔吉娃 (69)

論农作物对人工輻射的利用.....B. M. 列曼 (80)

在植物栽培中光生理学研究的基本任务... Б. C. 莫什科夫 (95)

用烟燻法防止植物免于霜冻的物理化学基础.....

.....H. C. 斯米尔諾夫 (105)

III. 紫外綫在农业中的应用

关于在畜牧业中应用紫外綫的途徑.....Г. M. 富郎克 (119)

紫外綫在畜牧业和养鸡业上的应用.....A. E. 諾維科娃 (130)

激紅灯的紫外綫照射和維生素 D 在抗佝僂病方面效果的

比較.....H. M. 唐采格 Д. M. 傑米娜 (143)

紫外綫在食品工业中的应用.....

.....H. Ф. 加拉宁 H. A. 郭洛夫金 (151)

紫外綫照射在家禽业中的应用.....П. A. 奧西特罗夫 (163)

在养鸡場中用紫外綫照射母鸡.....

1478221

- H. B. 皮加列夫 И. И. 奥夫钦尼科夫 E. B. 索科洛娃 (180)
 在正常温度下紫外线之用于消毒储藏地点和延长易坏产
 品的储藏期限.....M. M. 达尼洛夫 (193)

IV. 高频率电流在农业中的应用

- 在高频率电场中加热时热量和水分输送的基本规律.....
Г. A. 马克西莫夫 (207)
 用高频率加热法提高小麦种子的播种品质.....
A. A. 富格里 (216)
 在谷物和种子的干燥中高频率能量的利用.....
H. B. 克尼贝尔 (243)
 用臭氧和高频电流引起的酒精饮料的人工陈化.....
Г. A. 马克西莫夫 (254)

V. 农业中新的物理研究方法

- 在农业中利用示踪原子法的途径.....A. M. 库津 (259)
 放射性色谱法及其在农业生物学中的意义.....
B. B. 拉岑斯基 (277)
 当紫外、红外线和高频电场对有机体作用时血液电属性
 的动力学特征.....B. K. 德卡齐 И. И. 普里荷希 (296)
 关于采用在反常吸收区域内测量电介质耗损的方法来确定
 食物产品质量的可能性.....H. A. 阿拉德扎洛娃 (310)
 在天然条件下研究光合作用的新方法.....
 O. B. 扎林斯基 O. A. 塞米哈多娃 Л. A. 费里波娃 (317)
 关于测量植物中生物电位的方法.....M. A. 赫维傑利德捷 (323)
 用放射性同位素标志昆虫和鱼类的方法和任务.....
B. И. 夏丁 H. B. 依里英斯卡娅
 A. H. 斯维托多夫 A. C. 德罗辛 (333)
 关于苏联生物物理学在农业中的成就和任务的科学会议的
 决议..... (344)

生物物理学在农业中的任务

(开幕詞)

A. M. 庫 津

(苏联科学院生物物理学研究所)

党和政府提出迅速提高一切农业部門是現阶段发展国民經济的刻不容緩和最为重要的任务。

苏联科学在解决这一巨大任务中起了重大的作用。把关于处理种子、施肥、饲养农业动物的先进的經過科学論証和經過实践檢查的方法,应用到农业实践中去,应当首先帮助农业提高生产率。但是,有这样一种不正确的想法,認為只有农业科学才应当帮助农业向前发展。各門專业的科学家应当尽力最迅速地解决已經提出来的任务,把我們科学的一切成就都应用起来。每一个科学家的光荣事业,就是以自己的研究来帮助进一步提高我国的农业。

在党和政府決議的照耀下,在生物物理学这門把物理学一切最新成就应用到生物学中去的科目面前,提出了許多新的任务。

生物物理学是研究各种物理因素影响生物对象的規律的,它应当首先注意到把这些因素最合理地应用到农业中去。在这里应当充实我們的知識,应当寻找各种途徑,来最有效地利用那些其良好影响早已熟知的物理因素(光能的可見部分、紫外綫部分和紅外綫部分,热作用,等等),以及那些新的还没有具备研究可能的物理因素(电离性輻射和放射性輻射的能,电磁超短波和超声波的作用)。生物物理学应当深入地研究生活有机体内的物理和物理化学过程,这些过程与新陈代謝密切地联系着,决定着发育的速度、农业植物的产量和农业动物的生产率。可以設想,正就是通过影响

这些过程的途径,可以发现提高农业生产率的新方法和新措施。

米丘林生物学着重指出各种外界环境物理因素影响有机体的发育和变异的重要意义。

经常影响植物和动物有机体的物理因素,如周围环境的温度,可见光、紫外线和红外线的照射,地球磁场和重力的影响,宇宙射线和天然放射性元素的电离辐射的超微量影响等,在这些有机体的发展中起着重要的作用。

以上这些因素影响生命活动过程、特别是影响新陈代谢过程的严整规律之确定,使生物学家得以广泛利用这些因素,来有意识地、定向地改变农业植物和动物,以便提高生产率、加快生长速度和培育出新品种。

苏联生物物理学研究某些因素对生活有机体的影响,揭露可见变异发生的条件和原因,竭力选择预期变异有规律地发生的条件。

可见光在植物的发展与改造中起着极其巨大的作用。光谱、光的强度、光在秋季对冬性作物照射的中断,对植物的锻炼和对提高它们的抗寒性,与温度共同有着巨大的作用。

光的性质和强度是在人工气候下(光照栽培)培养植物的决定因素。

揭露光作用的生物物理学规律,使生物学家得以在新的合理的基础上,解决极其重要的国民经济问题。

这里在生物物理学面前,提出一个任务:确定光谱组成、光的强度和间断与植物的主要生活机能之间的精确关系。必须确定植物对光谱个别部分的需要,确定几个光谱部分(从红外线起到紫外线止)同时影响的作用和意义。非常明显,在这些研究中不仅应当考虑光合作用强度和性质的改变,而且要注意到光对植物有机体其他反应和机能的影响(对原生质运动的影响,物质的转化,具有生色团的个别酶活动性,等等)。从揭露最有利的条件以发展许多

农业植物的角度出发,来进行这些研究,就可以同时解决首先与发展植物光照栽培相联系的重要实践任务。

开展与研究紫外线照射对动物饲养业和养禽业生产率的影响有关的工作,对于农业有着特别重要的意义。

现在已经很清楚地知道紫外线照射作用的主要机制,紫外线照射是包括在被照射的动物体内形成维生素 D 的光反应的里面的。但是,紫外线的有利作用不能只限于引起维生素的产生。毫无疑问,在这里也通过动物的周围感受器影响它的中枢神经系统,以及因而影响复杂的生理反应,并且这种反应不仅取决于应用的剂量,也取决于照射的性质。

确定这种反应的规律,用它来提高被照射的农业动物和禽类的生产率,揭露这种反应不仅影响光谱紫外线部分的波长,而且也影响相伴随的红外线和可见光线,——这是农业向苏联物理学家提出的任务。

在农业中应用电离辐射的问题,值得进行最细致和深入的研究。高等植物和动物对于这种物理因素的高度灵敏性,生理反应的复杂性,生理反应不仅取决于作用因素的物理系数,而且也取决于被照射的有机体的生理状况,——这些使得这一问题的解决大大复杂起来。在被照射的环境里出现活泼的、能够反应的根,这些根与生活细胞里的高分子物质相互作用,引起它们发生解聚作用,从而改变吸附过程,首先是改变酶的吸附程度——显而易见,这是一连串的复杂反应,这些反应引起酶活化、生命过程活化,刺激发芽和生长。

但是,这些过程不应当超过某种生理“范围”,而只可以加速、改善自然的正常的有机体发育。如果超过这一界限,用的剂量过多,以致变动超过容许的范围,而进入病理学的领域,那末我们将看到辐射的失败:发育停止,有机体死亡。

生物物理学面临一个重要的任务,这就是严格确定辐射微小

剂量影响植物对象的规律，以便在农业实践中利用它们的刺激作用。在这里，生物物理学研究不可避免的要与生物化学、细胞学和物候学研究完全统一地进行。

象种子播种前照射这样容易做到的能够产生有益结果的农业措施对植物以后的生长和收获的影响，应该特别集中注意加以研究。在这些研究中，重要的不只是确定最适宜的照射剂量，而且主要要揭露所谓“时间因素”、即一定剂量作用于种子的时间的意义。不强力的长时间照射比强力的短时间照射作用更大，这就开辟了有利的可能性，来用少量的放射性同位素，在延长作用时间的条件下照射种子。确定这种作用的精确规律，是生物物理学最迫切的任务。

在农业中也可以利用其他的研究得较清楚的电离辐射的作用，——使用适当的剂量，来抑制有机体的生命活动。这种性质可以用来改善蔬菜和食用马铃薯在长期保藏下的完整性。这一措施可以成功地用来在制造淀粉—蜜糖工业中保存成堆的马铃薯，防止它发芽和发生自热作用。

由放射性同位素或高伏特加速器获得的电离射线的大量运用，在所谓“冷气消毒”方面日益增多。冷气消毒使能在不改变新鲜食物的味道和外表形状的情况下将食物装制罐头。罐头食物可供继续消费和在通常的温度下运送。一方面阐明射线的剂量和种类之间的相关性，另一方面阐明酶的刺激作用、活动性、维生素和味道的保持，以及可能保藏的期限之间的相关性——这些就是摆在生物物理学面前的首要任务，而这些任务的解决决定着这种新的消毒食物的方式和不能受热的各种生物制剂在实践中的进一步推广。

现代技术在制造高频率发电机方面的成就，为在农业中和食品工业中再利用一种能——超短电磁波或高频率电流——开辟了宽阔的前途。

高频率电流的能够間隔地、有选择地預热被輻射的物質的这种突出的能力，使有可能將它們用于消毒粮食用的和播种用的种子而不破坏种子的发芽率，用于防治商品粮食的虫害，用于提高种子的发芽率和刺激农业植物发育的最初阶段。

有选择的預热导致水分和可溶物質的重新分配，同时对发酵过程强度有影响，这也可以在工业上利用。应该以适当的生物物理学研究来論証高频率电流之用于加速葡萄酒的陈化过程、菸草和茶叶的发酵、提高面粉的烤制面包的質量，以及用于其他与发酵过程有关的生产上；应该用理論来闡明高频率电場对于生物学上的对象的作用。目前已經在生产中运用的利用高频率电流来裝制食物罐頭是很有前途的。

运用超声波发现了新的有意义的可能性。微生物在超声波場內的迅速死亡把利用超声波来消毒水池中的水的問題提到了日程上，这种消毒对于不采用化学消毒的制魚工厂特別具有重大的意义。日益增長的获得大量超声波場的可能性使利用超声波来实际提炼脂肪組織、維生素，以及从病原微生物制造疫苗成为现实。弱超声波場对于植物細胞的影响研究得很少。零星的观察指出，在个别情况下可以观察到显著的刺激影响。毫无疑问，这些資料要求精密的檢查，和获得基于精确的物理因素的光綫測定以及生物化学的、細胞学的和生理学的深入的研究上的实验材料。因此，在农业和工业中利用超声波也要求着进一步的生物物理学研究，以及对超声波輻射体的新类型、强大的发电机裝置进行研究，这种发电机裝置在工业上是有利的。

我們的农业和生物工业在研究和运用新的加速控制产品的質量、进入工厂的生物原料的質量的物理学方法，观察生物学和生物化学过程的新方法方面，向生物物理学提出了几項重大的任务，而这些知識是操縱这些过程、改进制成品的質量所必需的。

生物物理学的重要任务之一是进一步研究这样一些物理学上

的研究方法:如放射性和稳定性同位素法,光学研究法,基于在各种不同的频率、电位下测量电参数的方法,确定超声波或其他许多波在环境中的传播速度等。

苏联科学院生物物理学研究所的这一会议应该是团结科学家和实际工作者、建立本所和相应的各部及各单位的研究所之间的紧密联系的开端,是使一切关心现代物理学成就在农业实践中、在食品工业和微生物工业中的利用的各机构相结合的开端。本会议应是以后每年的共同讨论生物物理学成就及其在国民经济中的利用的基础。这种讨论之所以如此必要,是因为如果没有自由批评和交换意见的地方,那末用于解决我国国民经济上迫切任务的科学也就得不到正确的发展。

[罗见龙、姜梦兰译.作者: А. М. Кузин. 原题: Задачи биологической физики в сельском хозяйстве (вступительное слово).]

I

在农业中应用电离性射线和超声波的可能性



小剂量电离射线对农业植物的影响

П. А. 烏拉修克

(烏克蘭科学院植物生理学及农业化学研究所)

蘇維埃农业生物科学为了成功地解决摆在她面前的有价值的巨大任务，必須广泛地采用最先进的研究方法，并在国营农場和集体农庄的生产中大量运用提高农作物产量和質量的新方法。

被蘇維埃学者們在各个知識领域中广泛采用的、最先进的研究方法之一——放射性指示剂法，給生物学及生理学的研究工作，开辟了广闊的可能性。蘇維埃学者們指出：在生物学和植物生理学中采用这个方法，可以解决从前認為是几乎不能解决的那些問題。

在农业生物学及生理学的研究工作中，采用放射性同位素，才可能完全以新的方式来表征在植物器官中进行的生理过程，并全面地考察外界条件对植物的影响。近年来已經得到大量資料，表明了定向地影响植物生長、发育及产量的可能性。

克列契科夫斯基(В. М. Ключковский)和他的同事們^[9,10]，烏拉修克和他的同事們^[2]及其他人，应用示踪原子研究了植物及土壤中营养物質的攝取、分布及位置。索科洛夫(А. В. Соколов)成功地指出，从前确定了植物从磷酸肥料中攝取磷的攝取系数(коэффициент усвояемости)为10—20%，事实上要高得多——从48%到68%。

庫尔薩諾夫(А. Л. Курсанов), 庫津(А. М. Кузин), 馬姆尔(Я. В. Мамуль)^[14]最先确定, 土壤溶液中碳酸鹽的碳, 进入植物, 并与空气中的二氧化碳一样被同化。庫尔薩諾夫及其同事們^[15,16]、庫津及其同事們^[11]以后的工作解釋了根系吸收碳以及碳在所有的植物器官中結合成有机酸、碳水化合物、纖維素、蛋白質等的机制。

庫津及米列諾娃(В. И. Меренова)^[12]指出, 植物根系从施于土壤的有机肥料中攝取碳。

烏拉修克及其同事^[3]确定, 植物的根从施于土壤的碳酸鹽中攝取碳并使之与蔗糖分子結合。

涅茲果沃罗娃(Л. А. Незговорова)^[17,18]在尼奇坡罗維奇(А. А. Ничипорович)領導下的工作中, 研究了碳酸的光合作用和暗固定。她証明, 在黑暗中, 正如在光照下一样, 进行着碳酸的强烈的固定, 使碳参加到复杂的有机物質中; 此外, 已經証明, 光合过程中所同化的碳, 頗多地出現在蛋白質的組成中。

涅衣馬(М. Б. Нейман)、波罗科菲也夫(А. А. Прокофьев)、康托罗維奇(П. С. Канторович)^[19]、杜舍奇金(А. И. Душечкин)及其同事們^[8]的研究証明, 橡膠草的橡膠是由碳水化合物形成的。

巴拉諾夫(В. И. Баранов)^[1]、庫茲涅佐夫(П. Кузнецов)^[13]、德罗布科夫(А. А. Дробков)^[5-7]、加烏茲(Г. Ф. Гаузе)^[4]等研究天然放射性元素鈾对植物的影响, 只有当鈾用量极少时, 才得到正結果, 而相当大量时——負結果。

在我們的研究工作中, 也注意到了小剂量射綫对植物的正影响。

我們用放射性同位素的研究工作从二个方向进行: 1) 研究各器官中营养物質的交換、进入、分布与位置; 2) 研究放射性同位素电离射綫在作用于不同农作物的种子时, 以及根系与非根系营养时对植物的影响。

在研究工作中采用了下列放射性同位素：磷-32，鋅-65，磷-35，鈣-45 及碳-14，以及他們以一水磷酸鈉、氯化鋅、硫酸鈣、氯化鈣及碳酸鈉形式存在的稳定同位素的相应的同系物。

利用放射性同位素来研究营养物质进入植物及它們在各个器官中的位置，以及在新陈代谢方面的研究，成功地确定，放射性同位素参与了有机物质的合成的第一个暗过程及第二个光过程。

培植在蒸馏水中的小麦、棉花、大麦、蕎麦及糖萝卜的幼苗，对放射性磷的攝取速度，比培植在已施有磷的营养混合液中的幼苗要大得多。

只经过 2 分鐘就可看到玉米的幼苗，开始攝取磷了。最大量的磷在根部出现，在莖及叶柄部较少，而在叶子中最少。而鋅进入糖萝卜时，最小量在根部而最大量在叶子。

已经证明，糖萝卜的不同器官在不同的生长期，累积不同量的含磷化合物。而且还注意到水溶性磷酸盐类、核蛋白类、磷脂类具有最大活动性，而植酸鈣鎂活动性最小。

研究磷酸从有机矿物颗粒肥料及亚磷酸盐矿物颗粒肥料及其混合物中转运时的试验证明：当颗粒肥料或混合物复盖在距离种子 3—6 厘米处时，经过 5 天就已在糖萝卜的小块根及种苗中发现相当大量的磷。这就使我们能够在农业指导措施中，提出建议及采用对不同作物施以颗粒肥料及有机矿物混合物的方法。

1953 年我们提供了在自然条件下（在淋溶黑钙土上）研究糖萝卜及其他植物根系自土壤碳酸盐中攝取碳的可能性。

在消毒的容器中（16 公斤土壤），向糖萝卜、菜豆及羽扁豆施以碳酸鈉，每容器中所含的标记碳-14 的总放射性为 3.65×10^7 脉冲/分鐘。研究证明，碳从土壤碳酸盐进入糖萝卜的量，在幼小时比菜豆要多（表 1，图 1 及图 2）。

表 1 C^{14} 自土壤碳酸鹽进入糖蘿卜及菜豆幼苗中

植物 植物的器官	放射性碳的比放射性 (1 克干物質) 以与总放射性的百分比計	
	7. VIII	19. VIII
糖蘿卜 { 叶	1.02×10^{-1}	1.85×10^{-2}
	根	2.43×10^{-1}
菜豆* { 叶	1.43×10^{-2}	7.81×10^{-3}
	莖	5.12×10^{-2}
	根	1.71×10^{-2}

在車軸草及羽扁豆幼苗中所发现的碳較少一些(表 2)。

表 2 C^{14} 进入到車軸草及羽扇豆的幼苗中

植 物 及 器 官	放射性碳的比放射性 (1 克干物質) 以与总放射性的百分比計
車軸草幼苗	7.6×10^{-3}
羽扁豆幼苗的叶子	1.19×10^{-3}
羽扁豆幼苗的莖	1.30×10^{-3}
羽扁豆幼苗的根	1.38×10^{-3}

从糖蘿卜及菜豆植株中, 已用紙上分布色层分离法分出了糖类(溶剂——被水飽和的正丁醇, 显影剂——間苯二酚在鹽酸中的百分之一的溶液及硝酸銀的氨溶液)。糖的色譜显出后, 测定了碳的放射性; 同时确定了放射性碳从土壤碳酸鹽通过根部进入植物, 参与到葡萄糖及蔗糖的分子組成中。

車軸草的特性在于它的組成中的那些合硫的游离氨基酸, 如胱氨酸及蛋氨酸, 它們在作为甲基授体中起着重要的作用, 并在甘氨酸及谷氨酸的参加下, 形成谷氨甘肽——氧化还原过程及酶的

* 原書缺, 想系印漏——譯者註。



图 1. 碳 C^{14} 自土壤碳酸鹽进入菜豆, 菜豆的射线照片



图 2. 碳 C^{14} 自土壤碳酸鹽进入糖蘿卜, 糖蘿卜的射线照片

活性调节者之一。我們决心找出車軸草在不同生長阶段如何从可溶性及微溶性硫酸鹽形成这些氨基酸。为此在 7.5 公斤土壤上培植車軸草的盆栽試驗中,向容器中施入标记硫的硫酸鈉,总放射性 1.45×10^7 脉冲/分鐘,以及在 6 公斤土壤中施以标记硫的硫酸鈣,总放射性 7.4×10^6 脉冲/分鐘。

从生長在容器中施有硫酸鈉的車軸草植株中,用紙上分布色层分离法分出了胱氨酸及蛋氨酸(溶剂——用水飽和的正丁醇,显影剂——海特林)。

氨基酸色譜显现后,测定了放射性硫的放射性。

硫-35 的最大比放射性是在根的胱氨酸中观察到的;在叶中的胱氨酸中硫-35 的比放射性显得較低(表 3)。

表 3 車軸草放射性硫的比放射性(1 克鮮物質), 以与总放射性的百分比計(溶剂——用水飽和的正丁醇)

試驗方案	7 月 28 日	8 月 5 日	8 月 24 日
叶—胱氨酸	1.3×10^{-3}	3.94×10^{-3}	1.76×10^{-3}
莖—胱氨酸	2.22×10^{-3}	5.03×10^{-3}	3.24×10^{-3}
根—胱氨酸	1.73×10^{-2}	8×10^{-2}	9.66×10^{-1}
根—蛋氨酸	3×10^{-3}	3.33×10^{-3}	—

从生長在施有标记石膏的容器中的車軸草中分出氨基酸,其放射性色譜表明,在胱氨酸中比在蛋氨酸中含有較多的放射性硫。

在等电点时分出車軸草的蛋白質,并测定了其中放射性硫的放射性。同时发现,在根的蛋白質中每克物質中硫的比放射性最大,而在莖的蛋白質中,比放射性最小(表 4)。

我們还研究了用有机的及矿物化合物(以磷-32 标记的葡萄糖一磷酸鈣,每株糖蘿卜剂量为 3.7×10^{-3} 脉冲/分鐘,以及一水磷酸鈉,每株糖蘿卜剂量为 3.7×10^{-5} 脉冲/分鐘)进行根际及根外

追肥(通过叶子)时,植物中营养物质摄取和转运的特点。

表 4 蛋白質硫的比放射性(1克鮮物質), 以与总放射性的百分比計

試 驗 方 案	比 放 射 性
从叶分出的蛋白質	1.72×10^{-3}
从莖分出的蛋白質	8.9×10^{-4}
从根分出的蛋白質	2.04×10^{-3}

研究結果証明,以葡萄糖—磷酸鈣作根外追肥时,在糖蘿卜的叶中,只发现微量磷-32。

当用磷酸鈉作根外追肥时,磷很强烈地进到叶子中,然后从叶到叶柄和根(表 5)。

表 5 对糖蘿卜作根外追肥时,从矿物及有机化合物进入到植物中的磷的比放射性(1克干物質),以占总放射性的百分比計

試 驗 方 案	6 月 28 日	7 月 1 日
叶—放射性同位素根外施肥(矿物化合物)	2.69	3.07
叶柄—放射性同位素根外施肥(矿物化合物)	3.1×10^{-1}	5.4×10^{-1}
根—放射性同位素根外施肥(矿物化合物)	4.51×10^{-2}	5.12×10^{-2}
叶—放射性同位素根外施肥(有机化合物)	极少	极少
叶柄—放射性同位素根外施肥(有机化合物)	极少	极少
根—放射性同位素根外施肥(有机化合物)	极少	极少

同时,正如 1952 年所得到的一样,当以标记磷的葡萄糖二磷酸鈣施于砂培作物时,磷很强烈地进入糖蘿卜及其他植物。因此,可以得出結論,只用含磷的有机化合物作根外追肥时,表現出来的效果不大。

我們所进行的研究放射性射线对植物的影响的盆栽及田间试验,在大多数情况下得出了明显的结果。例如,用小剂量放射性同位素处理糖萝卜种子,得到了17%或更高一些的丰产。同时,显著地改良了糖萝卜的品质,它的含糖率提高了1.1—1.5%或更多一些。但是,采用同样的放射性同位素,在不同的外界条件下(不同的年份),得到明显不同的结果。

以后的研究证明,放射性射线对植物的作用是极多样的和极复杂的。

植物的不同品种,在同样的条件下,对同样剂量的放射性同位素的反应是不同的。甚至在同一品种内,还遇到过生物学上不同的植物类型,电离射线对它们的作用也就不同。这说明了受过电离射线的作用的植物的各个性状和特性有很大的偏差。当平均指标与对照相近时,所研究的植物的特征的变异系数(вариационный коэффициент)在受到电离射线作用以后,比对照的要大。可看出,栽培性愈大的植物,电离射线对它的影响也愈强。因此,在我们所有的田间及盆栽试验中,放射性同位素对糖萝卜的影响比大麻更大。

当小剂量电离射线作用于三种豇豆(*Onobrychis* L.)的种子时,在发芽能力上,最具有栽培性的品种——南高加索豇豆,表现出最深刻的影响,而对具有野生性的品种——砂豇豆的影响最小。

小剂量电离射线影响到各种极为不同的生理机能。例如,放射性同位素磷的电离射线,从外面引向春小麦幼苗的生长带上时引起了第一片小叶生长的加速。当作用于植物的剂量为0.6微居里时,生长速度的周期性(受到外来照射的植物,生长速度白天最小而黑夜最大),没有被破坏,但生长速度增加了。虽然受到外来照射时,生长速度改变的周期性保持不变,但它的幅度却改变了,并且电离射线在黑夜(生长速度比对照增加了29.4%)比在白天(生长速度增加10—14%)的影响更剧烈。

放射性同位素在生长初期进入植物的量与处理种子的量不成正比(表6)。

表6 在播种前用放射性同位素溶液处理过的种子所生长的植株的放射性

放射性同位素	剂量, 每公斤种子的微居里数			
	10		40	
	分叉期的 1株幼苗	1粒种子	分叉期的 1株幼苗	1粒种子
钙	1.63×10^{-6}	1.25×10^{-4}	1.71×10^{-6}	5×10^{-4}
硫	6.94×10^{-6}	1.25×10^{-4}	3.86×10^{-6}	5×10^{-4}
锌	1.17×10^{-6}	1.25×10^{-4}	—	—

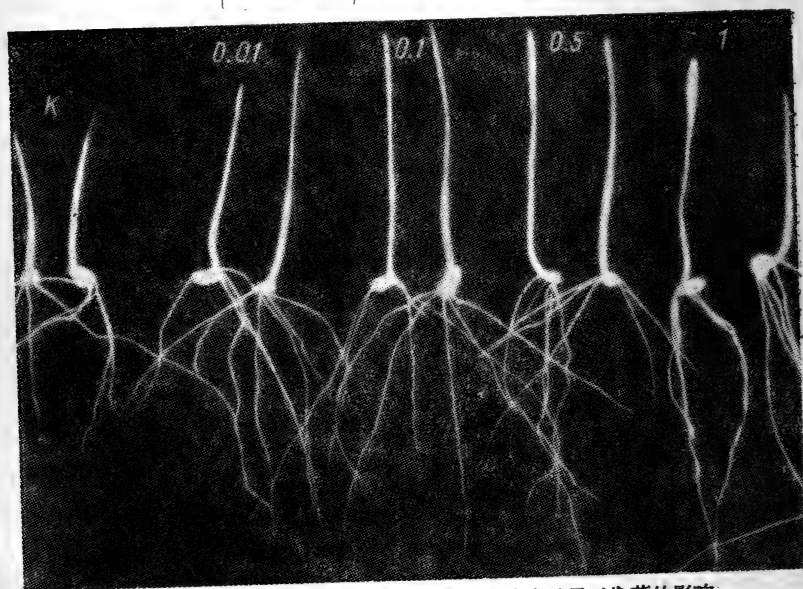


图3. 用放射性同位素磷在播种前处理春小麦种子对发芽的影响
K——潮湿对照物(稳定同位素磷), 数字表示每公斤种子所用放射性磷的剂量

用放射性同位素播种前处理春小麦、糖萝卜、車軸草及三种豇豆的种子，浓度为每公斤种子 0.5 到 12 微居里，小麦的发芽能力和分蘖能力提高了(图 3)，糖萝卜、車軸草及豇豆的发芽率也提高了。用放射性同位素处理种子，植物的生长及范型过程明显地加快了，其中例如试验的植物排空胚乳发生比对照植物早 4—6 天，第一片及第二片小叶出现得较早并展开得较早。

在测定种子生长强度时得知，最合适的剂量是 1 公斤种子 1 微居里(表 7)。但是必须考虑到在实验过程中(约 70 天)，放射性磷的放射性由于分裂的结果约降低了 39/40。小剂量电离射线在对春小麦的试验中，还引起了抽穗的加快。

表 7 用放射性同位素磷在播种前处理春小麦种子对分蘖能力及种子生长强度的影响

指 标	对照稳定同位素	放射性磷的剂量, 每公斤种子微居里数				
		0.001	0.01	0.1	0.5	1
每株莖重(140 株平均)	3.9	3.3	3.6	3.6	4.0	3.3
莖的产量百分率	65	73	78	75	60	55
种子长度, 以毫米计	4.3	4.3	4.3	4.5	5.2	5.6
对照百分率	100	100	100	105	121	130

这样, 可以看到, 小剂量电离射线的影响, 开始表现在种子的幼芽上, 以后明显地表现在植物不同的生长阶段上。

将马铃薯春化的块根在播种前浸在放射性同位素钙盐的稀薄溶液(浓度为 1 升溶液中 0.3 微居里)中一晝夜, 就很快地促进幼芽的萌发。以后, 射线对莖的产量(提高了 18%)、块根的产量(提高了 30%)以及对收获量(提高了 13%)和马铃薯的质量都产生正的影响。随着放射性同位素钙的剂量的增加, 马铃薯干物质和淀粉含量降低了。

冬小麦的种子用放射性同位素鈣溶液处理后（1 公斤种子用 50 微居里），長出的幼苗（生長 20 天）的根的吸收能力（用薩賓宁法測定）提高了 10%，用同剂量的放射性磷——提高了 8%。

在我們所有的試驗中，小剂量电离射綫对植物的影响表现出与营养条件有密切的关系。

在不同的营养条件下，同剂量的放射性同位素鈣得出了显著相反的结果。在播种前用放射性同位素鈣处理过的糖蘿卜种子（1 公斤种子 0.5—2 微居里，或 16 公斤土壤 5—10 微居里）播种在沒有施肥的生草灰化土壤上及肥料为平均定額的土壤上，糖蘿卜的含糖率提高了 0.8—1.2%，而在肥沃地带（肥料加倍）含糖率降低了 1.4%。

在糖蘿卜的砂培及土培試驗中，在放射性鈣及磷（剂量为每 16 公斤土壤或砂中 0.01—10 微居里）的影响下，使用足够的营养物质可获得較大的收获量。

这些植物的合成过程，尤其是光合作用（特别是在寒冷及阴暗的天气中）显著地提高了。波奇諾克所得到的关于糖蘿卜光合作用强度的数据¹⁾，証实了这一点（表 8）。

表 8 放射性同位素鈣对糖蘿卜光合作用强度的影响

試 驗 方 案	在 100 平方厘米叶面上每 小时同化 CO ₂ 的毫克数
对照——稳定鈣	7.90
放射性鈣——每容器中 10 微居里	11.90
对照——稳定鈣	6.40
放射性鈣——每容器中 10 微居里	9.96
对照——稳定鈣	6.94
放射性鈣——每容器中 10 微居里	11.00
对照——稳定鈣	12.90
放射性鈣——每容器中 10 微居里	13.56
对照——稳定鈣	6.45
放射性鈣——每容器中 10 微居里	10.60

1) 测定是用 ИФРА 装置进行的。

在氮、磷、钙营养环境的盆栽试验中，向土壤中施以放射性钙（每 16 公斤土壤 5—10 微居里），表现出对糖萝卜的生长和根重有良好的影响（表 9）。

表 9 施于土壤的放射性钙对糖萝卜根重及含糖率的影响

试 验 方 案	根 重 (克)	叶 重 (克)	总 重 (克)	根重与 叶重之比	含糖率 %
稳定性同位素钙——对照	355.2	213.9	569.1	1.66	18.1
放射性钙, 16 公斤土壤 5 微居里	402.8	222.0	624.8	1.81	18.4
放射性钙, 16 公斤土壤 10 微居里	441	198.3	640.1	2.23	18.9

上面所列举的数据证明，试验植物的根重显著增加了，同时含糖率也增加了 0.8%。在放射性同位素钙的影响下，还改变了根重和叶重的比例（对照植物这个比例为 1.66，5 微居里剂量时为 1.81，而 10 微居里剂量时为 2.23）。

这些资料证实，放射性同位素在一定条件下对加强植物的合成过程的正影响。

在进行根外追肥的盆栽试验中，也证实了放射性同位素磷和钙对提高糖萝卜根重的正影响（表 10）。

表 10 用放射性同位素磷及钙作根外追肥时，对糖萝卜根重及叶重的影响

试 验 方 案	根 重 (克)	叶 重 (克)	总 重 (克)	根重与叶 重之比
用稳定磷作根外追肥	291	218.6	509.6	1.33
用放射性磷作根外追肥，每植株上 1 微居里	412.4	265.3	677.7	1.59
用稳定钙作根外追肥	392	200	592	1.96
用放射性钙作根外追肥，每植株上 1 微居里	430.7	173.6	504.3	2.43

用小剂量放射性同位素磷、鋅、硫及鈣处理种子（每公斤种子 0.5, 5 及 12 微居里），在有同量的并足够的矿質肥料的环境中（每公斤土壤有 0.15 克氮，0.15 克磷，0.10 克鉀）所进行的盆栽試驗，表现出放射性同位素对糖蘿卜的生長及根重的正影响（表 11）。

表 11 放射性同位素磷、硫及鈣对于糖蘿卜根重及含糖率的影响

試 驗 方 案	根 重 (克)	叶 重 (克)	总 重 (克)	含糖率 %
用稳定磷处理过的种子	368	129	497	18.4
用放射性磷(每公斤 0.5 微居里)处理过的种子	372.3	258.6	630.6	18.2
用放射性磷(每公斤 5 微居里)处理过的种子	362.5	233.5	496	17.6
用放射性磷(每公斤 12 微居里)处理过的种子	392	207.7	599.7	19.1
用稳定性鋅处理过的种子	343.3	232.6	575.9	18.7
用放射性鋅(每公斤 0.5 微居里)处理过的种子	405.4	222.7	628.1	18.9
用放射性鋅(每公斤 5 微居里)处理过的种子	364.4	258.3	622.7	18.6
用放射性鋅(每公斤 12 微居里)处理过的种子	445	286.6	731.6	18
用稳定硫处理过的种子	317.3	266.4	583.7	18.4
用放射性鋅(每公斤 0.5 微居里)处理过的种子	386.6	231.5	618.1	19.5
用放射性鋅(每公斤 5 微居里)处理过的种子	401.6	243.3	644.9	18.5
用放射性鋅(每公斤 12 微居里)处理过的种子	362.2	255.8	618	18.3
用稳定鈣处理过的种子	396.2	219.1	615.3	17.9
用放射性鈣(每公斤 0.5 微居里)处理过的种子	466.9	211.1	678	18.6
用放射性鈣(每公斤 5 微居里)处理过的种子	466.6	198.9	645.6	18.5
用放射性鈣(每公斤 12 微居里)处理过的种子	483.2	158.6	641.8	18.3

含糖率的最大增长是当以 0.5 微居里剂量放射性同位素硫，处理每公斤种子时（增高 1.1%）及以 12 微居里剂量放射性同位素磷处理每公斤种子时（提高 0.7%）观察到。

播种前处理种子的剂量从每公斤 0.001 增加到 100 微居里，在絕大多数的糖萝卜的試驗中，收获量提高了。

用不大剂量的放射性同位素鈣及硫处理小紅萝卜种子时（每公斤种子 2 微居里）表现出无论在長日照或短日照下块根都不断地生長。

这样，小剂量放射性同位素的电离射线，对植物的影响是极其多种多样的。因此，小剂量电离射线的影响可以区分为两方面：

第一，放射性同位素——电离射线的負荷者，可以对植物引起有如超微量元素（ультрамикрoэлемент）的影响，在某种程度上証实了在植物的叶片中，存在着一定的天然放射性。

第二，給以过量的电离射线，如我們用酵母培养試驗所証明的那样，可以刺激植物器官的細胞質及引起暂时麻痺現象。

証实了一定剂量的放射性射线对植物是必需的，我們找出不同植物对于放射性同位素所明显地表现出来的生物学选择性。

我們用鈣-45 在春豌豆上研究了植物对于放射性同位素的选择特性，研究工作进行如下。

在先用鹽酸后用蒸餾水小心洗濯过的砂中，注入豆科植物所需的营养混合溶液，营养混合液中的鈣是放射性及稳定性同位素的混合物。仔細計算和測定营养介質中的鈣的放射性，使得放射性同位素有下列濃度：在 16 公斤砂中，鈣的总量为 2000 毫克，含有放射性同位素鈣 0.01, 0.02, 0.04 及 0.20 微居里。

在这些营养混合液中从种子培植植物。为了更充分地利用鈣，在每一容器中培植較通常为多的植株。把成熟了的、帶有成熟豆荚的植物分成果实、叶子和根三部分。烘燒每一部分并从灰分中分出以草酸鹽形式存在的鈣。就每一个样本来說，鈣是从 150 克干

物質中分出来的。測定从植物各个器官分出来的鈣的放射性。在測定时样本与計数器要保持标准位置。測出的結果用底数，計数器允許效能、計数器工作效率随時間的改变，样本、空气及計数器窗对射綫的吸收、样本的几何位置来校正。

已經指出，鈣的放射性及稳定性同位素在植物不同器官中的比例与它們在营养介質中的比例是不同的（表 12）。改变营养介質中同位素的相互比例，并不引起植物中这个相互比例成正比的改变。放射性与稳定性同位素在植物中的比例的变动，和营养介質中的比例比較起来，表明放射性的、較重的同位素——鈣-45 的原子是以与稳定同位素的原子不同的速度进入植物体的。

表 12 在春豌豆的不同器官中，鈣的放射性及稳定同位素的比例（以每毫克鈣的真正放射性脉冲/分鐘計）

砂培作物营养混合液中	在生長器官中	在有性器官中	在 根 中
6.6	—	6.1	—
13.2	7.4	6.4	19.7
26.4	5.5	7.4	—
132	35	34	—

植物对于小剂量电离射綫的生物学选择性的还表现在当用放射性同位素硫、鋅及鈣处理糖蘿卜的球根时，放射性同位素主要累积在种皮中，而胚芽从种皮选择地吸收一定量的同位素，它們在胚芽組織內的含量，与处理种子的剂量的改变不成正比。

已經証明，不仅整个植物，甚至它們的个别器官也具有生物学的选择性。放射性同位素在植物組織中的分布与該元素的稳定性同位素的分布不尽相同。在我們的試驗中，放射性同位素进入植物的速度与該元素稳定同位素进入植物的速度是不同的。这就証明了选择性的过程是很明显表現出来的植物生物学特性，虽然放

放射性同位素在化学特性上与它的稳定同位素没有什么区别。

不同植物的根对于同位素钙及锌的射线的正趋性和负趋性可以作为植物对于不大剂量放射性同位素电离射线极为敏感的证明。我们用幼嫩植物的根对于（参看图4—8）装满相应同位素盐的薄壁安瓿皿的移动来研究趋性。

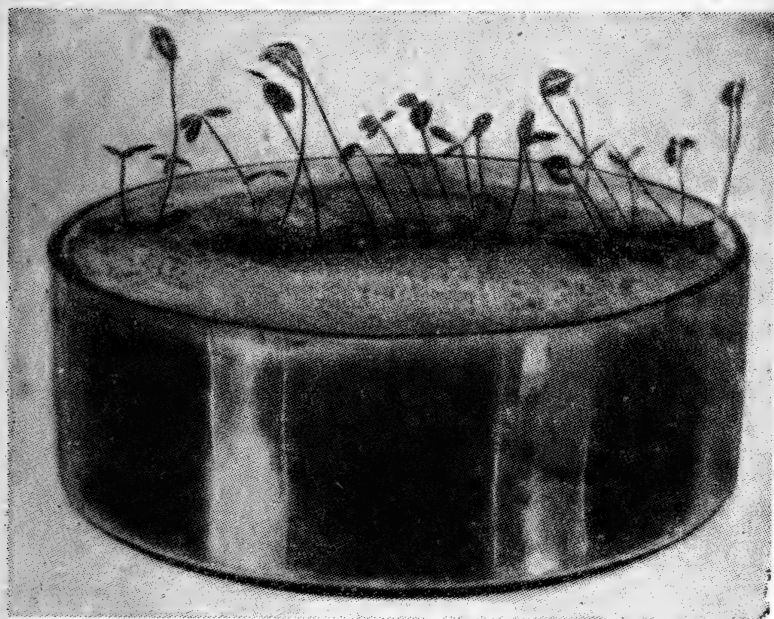


图 4. 用来研究趋性的容器外形

小剂量钙的射线引起白芥菜及南高加索豇豆的正趋性，而锌的射线——负趋性。

过量射线引起植物组织的暂时麻痺现象，我们所作的在植物叶面上施以一定量（每1平方厘米1微居里）放射性同位素对呼吸及光合作用的影响的试验结果中找到了证明。同时观察到刺激生活细胞质的典型范例：呼吸功能剧烈的改变（增高或降低），以后逐渐平复。

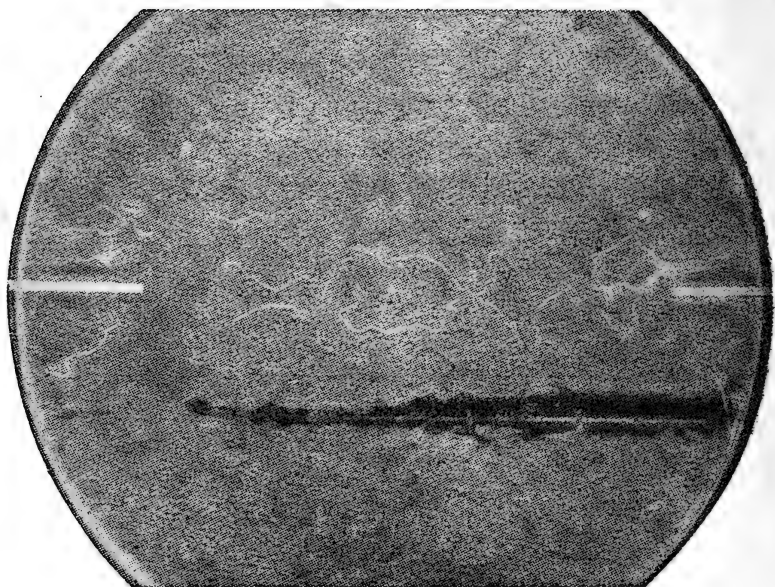


图 5. 对照, 在安瓿中——水。根的相对投影对称地分布

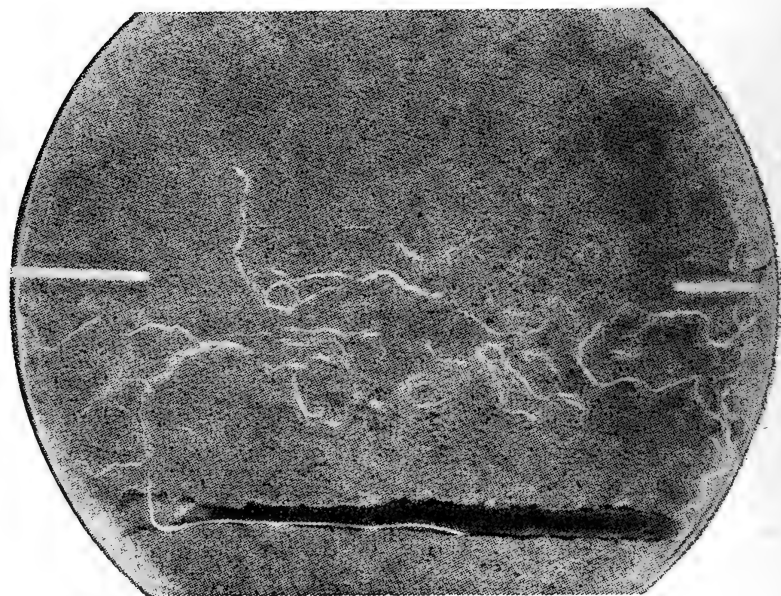


图 6. 在安瓿中——40 微居里放射性钙。駝豆根对射线线的正趋性



图 7. 在安瓿中——40 微居里放射性钙。白芥菜根对射线的正趋性

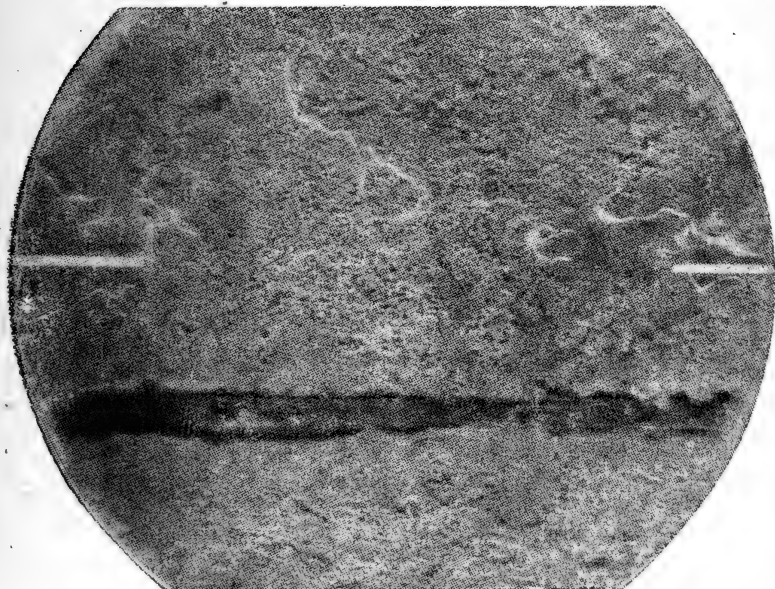


图 8. 在安瓿中——35 微居里放射性锌。豇豆根对射线的负趋性

在图 9 上是,当向营养介质中施以放射性同位素时,培养酵母的呼吸强度,以与介质中有稳定同位素时这一过程的呼吸强度的百分比表示。呼吸强度用水微灰计在发酵瓶中测定。向营养介质中施以较小剂量的同位素钙及磷(1000 毫升营养介质为 0.001—0.01 微居里),在第 1 分钟引起呼吸强度的增高,施入 10 微居里则抑制该过程。

增高或抑制呼吸过程的强度维持不久(45—60 分钟),以后呼吸重新回复到正常快慢。施用大剂量时,恢复正常要比较慢一些,但培养酵母还是能够适应这些浓度的电离射线。

将放射性同位素盐类的溶液施在叶面上,也引起生理功能强度的增高。用放射性钙盐溶液润湿糖萝卜的叶子,光合作用强度¹⁾立刻增高 5 倍。1953 年 8 月 12 日所进行的试验,将放射性钙溶液施于糖萝卜叶上,光合作用即发生改变,这可以作为一个例子。

叶表面用稳定同位素溶液润湿(对照)

早晨的光合作用——每 100 平方厘米表面上每小时固定碳 4.14 毫克

叶表面用放射性钙溶液润湿(每平方厘米 0.1 微居里)

早晨的光合作用——每 100 平方厘米表面上每小时固定碳 20.86 毫克

被相当大剂量电离射线所引起的激发状态,不同年龄的植物组织表现得是不同的。如老叶子在电离射线作用开始时,光合作用产物临时的增高为 60%,而幼嫩叶子则增高 7 倍(表 13)。

放射性同位素电离射线作用开始时,提高生理过程的程度是植物生活组织的特性,这种特性是与植物的营养条件密切有关的。糖萝卜叶子光合作用强度暂时性的增高,在不同的营养条件下表现是不同的:在肥料丰富环境中的植物,这种影响是相当强烈的,而在不施肥料的环境中则较弱(表 14)。

1) 光合作用强度以波罗杜林娜(Бородулина)建议的方法(МГУ)在 ВНИС(基辅城)用镜检查。

表 13 电离射线对糖萝卜不同年龄的叶子的光合作用的影响 (每 120 平方厘米叶上每小时固定碳的毫克数)

叶 的 年 龄	用稳定性同位素 湿润叶表面	用放射性钙湿润叶 表面 (每平方米 0.1 微居里)
弱光合作用的老叶子	2.44	3.95
幼嫩叶子	1.13	8.08

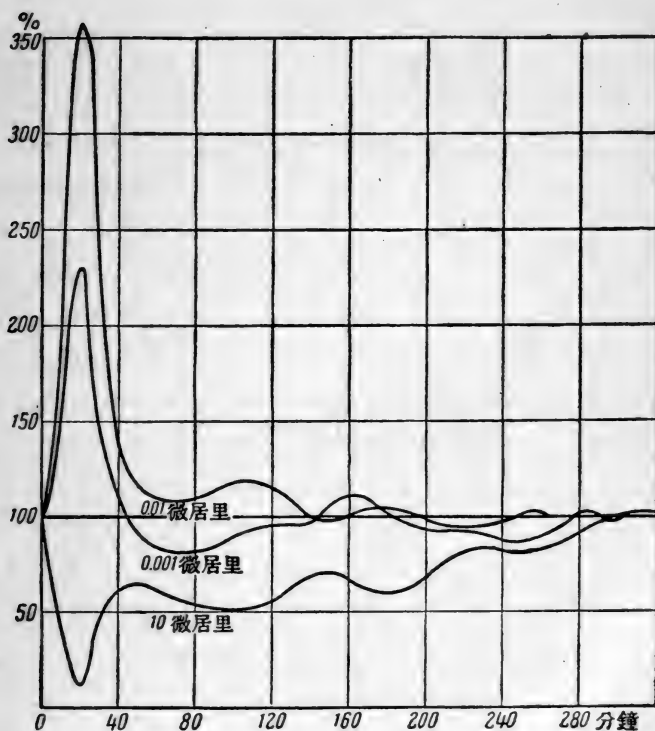


图 9. 向营养介质中引入放射性同位素时, 培养酵母呼吸强度的改变

表 14 小剂量放射性同位素鈣电离射綫对糖蘿卜光合
作用的影响与不同营养状况的关系

方 式	环 境	
	沒有肥料	足夠肥料的两倍
用稳定同位素溶液湿润叶子	2.07	2.25
用放射性同位素鈣湿润叶子 (每平方厘米 0.01 微居里)	5.47	7.99

由射綫作用所引起的刺激,帶有明显的麻痺的特性,并且局限在受到电离射綫影响的組織中,不分布到整个器官中去。

但是,当电离射綫長期作用于植物,这些麻痺現象的特性就不显露了。相反地,用一定剂量的放射性同位素在播种前处理种子,在生理功能上起着正影响。由此可以得出結論,当放射性同位素的电离射綫經常作用于植物时,造成了所謂緩冲系統,过量电离射綫的損伤作用的为害性好象已被减弱了。

同时,相当可靠地証明了,在植物有机体对电离射綫的防护功能中,谷胱甘肽及抗坏血酸具有一定的意义。这些物質的量,經常随用来处理种子或进行根外追肥时放射性同位素的剂量而改变。例如,將低濃度的放射鋅的溶液施于叶面上(每平方厘米 0.01 微居里),經過 3 小时以后,谷胱甘肽的量从 18 毫克%增加到 23 毫克%,經過 15 小时以后,增加到 48 毫克%;但是从放射性同位素鋅溶液处理过的种子所生長成的植物,谷胱甘肽的含量就达到 89 毫克%。

在冬小麦的分生組織中,抗坏血酸及谷胱甘肽的含量决定于电剂射綫的剂量(表 15)。

組織的氧化还原性質与电离射綫的影响也有明显的关系。

如大家所知道的,电离幅射对植物有机体的生物化学作用

表 15 冬小麦在播种 1 个月以后, 微剂量电离射线对分蘖节中抗坏血酸及谷胱甘肽含量的影响

指 标	对 照, 稳定性 同位素	用放射性同位素处理种子 (每公斤种子所用的微居里数)					
		磷 0.01	磷 1	磷 50	鈣 0.01	鈣 1	鈣 50
抗坏血酸, 毫克%	11.96	13.98	14.15	17.18	14.48	17.18	18.52
谷胱甘肽, 毫克%	15.86	20.56	35.83	36.41	27.02	28.19	37.59

也是多种多样的。射线对水的活化作用也是公认的。在活化了的水分解的同时, 在溶液中出现了含不饱和价的原子及游离基, 它们的特点是具有极大的反应能力和氧化还原作用。许多生物活性物质, 如酶, 它们对辐射的灵敏性由它们对于因电离辐射作用所产生的任何游离基或原子的亲和力来决定。这样, 在 β 或 γ 射线的作用下, 由于水的放射性化学分解产物, 在水溶液中谷胱甘肽或其他含硫化合物很容易被氧化。当溶液中有接触酶存在时, 硫氢根的氧化过程就减慢了一些。

当电离射线作用于硫胱氨酸的水溶液时, 形成硫化氢。一些氨基酸在射线的作用下, 发生释放出氨的胱氨作用。电离射线引起核酸的解聚合作用。照射腺嘌呤酸则产生游离腺嘌呤和无机磷酸盐。

基于上述电离射线作用的研讨, 并考虑到在文献中几乎完全没有阐明过关于电离射线对植物有机体中生理学的及生物化学过程的作用的问题, 我们着手研究, 在严格控制下由于放射性同位素进入植物的不同器官, 这些射线对于一系列生物化学过程的影响。

已经研究了向土壤中施入放射性同位素钙 (每容器中 5—10 微居里) 对于植物组织的还原碘能力 [以土尔科娃 (Туркова) 法中的格梯 (Гетри) 法测定], 植物组织的氧化性 [以克拉里斯科 (Красинско) 法测定], 还原型抗坏血酸及谷胱甘肽的含量 (用坡

罗科什也夫法), 接触酶及过氧化氢酶的活性〔用坡钦克(Починк)法〕及多酚氧化酶的活性〔用米赫林(Михлин)及波尼茨卡(Броницка)法〕的影响。所得的结果列于表 16。

表 16 向土壤中施入放射性同位素对糖萝卜(叶)中氧化还原过程的影响

試驗方案	还原能力以 100 克干物质对 0.005 N 碘的毫升数計		氧化性以 1 克干物质对 0.1 N KMnO_4 的毫升数計		还原型抗坏血酸以毫克%計		谷胱甘肽以毫克%計		接触酶以每 5 分钟被分解的 H_2O_2 毫升数計		过氧化酶以鎂毫克計	
	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束
对照—稳定性鈣	109.8	132.5	3.70	12.25	34.35	18.15	无	89.83	16.18	33.07	1.9	18.0
每容器施入 5 微居里放射性鈣	93.4	135	4.22	12.0	34.16	18.75	无	86.13	14.12	33.14	2.3	16.2
每容器施入 10 微居里放射性鈣	105	148	4.0	12.0	33.35	19.36	无	50.50	19.22	45.44	1.5	16.2

在生長开始时, 糖萝卜組織在放射性同位素鈣的影响下, 碘还原能力降低了, 而受到氧化的物質的量增高了。到生長結束时, 組織中的还原过程加强了, 而氧化过程降低了。

这种关系还表现在还原型抗坏血酸方面, 在放射性鈣的影响下, 生長初期还原型抗坏血酸的含量有些降低, 而到生長結束时却增高了。接触酶的活性在提高放射性鈣的剂量时(每容器 10 微居里)增高了, 这証明在在放射性鈣的影响下植物中过氧化物的形成加强了。在生長初期, 过氧化酶的活性在减少放射性同位素鈣的剂量时增高了。提高放射性同位素的剂量就引起过氧化酶活性的某些降低。这样, 这儿表现出巴赫所确定的接触酶与过氧化酶的拮抗作用(антагонизм)。到生長末期, 在放射性鈣的影响下

过氧化酶的活性降低了。

我们还研究了用放射性同位素进行根外追肥时对氧化还原过程的影响 (表 17)。

当用放射性磷进行根外追肥时,糖萝卜组织的碘还原能力,在生长开始时与对照比较,改变很少,但在生长结束时,则显著地降低。

表 17 用放射性同位素磷及钙进行根外追肥时对糖萝卜中氧化还原过程的影响

試驗方案	碘还原能力以 100 克干物质对 0.005 N 碘的毫升数計		氧化性以 1 克干物质对 0.1N KMnO_4 的毫升数計		还原型抗坏血酸以毫克%計		接触酶以每 5 分鐘被分解的 H_2O_2 的毫升数計		过氧化酶以鈷毫克数計	
	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束	生長开始	生長結束
稳定性磷	53.0	210	5.60	12.50	16.62	39.93	56.75	34.15	7.0	18.0
放射性磷	55.0	174	6.20	9.25	15.32	43.56	55.78	42.36	7.0	26.0
稳定性钙	68.0	185	5.20	11.0	16.97	47.19	41.08	28.0	7.6	18.0
放射性钙	49.0	188	5.0	11.0	14.49	48.40	60.21	30.4	7.0	21.2

放射性钙对组织的碘还原能力表现出某种不同的作用。生长开始时,在放射性钙的影响下,组织的碘还原能力显著地降低了,到生长结束时——则略有提高。生长开始时,在放射性磷的影响下,组织的氧化性提高了,而在生长结束时则降低了。放射性钙不改变组织的氧化特性。

还原型抗坏血酸含量,在放射性同位素磷及钙的影响下,生长开始时降低,到生长结束时,相反地提高了。接触酶的活性,在放射性磷的影响下,到生长结束时,显著地增高了。放射性钙不论在生长开始或结束时,都促使接触酶活性的增高。过氧化酶的活性,在放射性磷及放射性钙的影响下,在生长结束时都增高了。

車軸草在剂量不大的放射性硫及磷的影响下，它的与氧化还原有关的生物化学过程，显著地活化了，即組織的总氧化性、碘还原能力的数值、还原型抗坏血酸的含量都提高了（表 18）。

表 18 小剂量放射性同位素硫及磷对車軸草的生物化学过程的影响

試 驗 方 案	氧化性以 1 克干物 質对 0.1N KMnO ₄ 的毫升数 計	碘还原能 力以 100 克干物質 对 0.005 N 碘的毫 升数計	还原型抗 坏血酸以 毫克%計	接触酶以 每分鐘被 分解的 H ₂ O ₂ 的 毫升数計	过氧化酶 以鈷的毫 克数計
对照——稳定性硫	14.4	137.4	40.0	31.8	52.0
向土壤中引入 5 微居里放射性硫	16	150.0	45.44	19.18	64.8
向土壤中引入10微居里放射性硫	15.6	175	51.50	26.2	42.4
对照——稳定性磷	15.2	167.4	57.6	15.0	52.0
向土壤中引入 5 微居里放射性磷	16.0	202.4	60.48	24.1	52.0
向土壤中引入10微居里放射性磷	16.8	182.4	59.52	17.9	52.0

車軸草在第二次收割后，补充施用較高剂量的放射性同位素硫（从溶解的及难溶化合物）及磷，研究在它們的影响下車軸草生物化学过程的改变，証明植物組織碘还原能力下降；还原型抗坏血酸及谷胱甘肽含量降低。同时，氧化过程則相反地加强了，这就証明了接触酶和多酚氧化酶的活性增高了。

这样，在生長初期，由于放射性同位素进入植物很强烈，表现出氧化过程的加强及还原过程的降低；到生長末期則得到相反的結果。

由植物必需极少量的放射性同位素的看法出发，我們在田間試驗中应用了放射性同位素，并得到下面的結果。

在別洛采尔科夫（Белоцерковский）实验站的条件下，在淋溶黑鈣土上，用小剂量放射性同位素鋅、磷及鈣的电离射綫处理糖

萝卜种子,提高根收获量 39—54 公担/公顷,对照的收获量为 389 公担/公顷,在 100 米试验区上进行了 4 次重复的试验,试验的准确度——误差 3.5% (P) (表 19)。

表 19 用小剂量放射性同位素播种前处理糖萝卜种子
对收获量的影响

剂量(每 公斤种子的 微居里数)	对 照	放射性同位素磷		放射性同位素钙		放射性同位素锌	
	公担 公顷	公担 公顷	增产	公担 公顷	增产	公担 公顷	增产
—	389	—	—	—	—	—	—
1	—	432	43	433	44	441	52
10	—	433	44	428	39	428	39
40	—	428	39	439	50	432	43

在基辅(Киев)附近的草地黑钙土上,以及在乌克兰共和国南部的赫尔松斯克(Херсонский)蔬菜集体农庄、查坡洛什省卡明斯克-德涅伯罗彼得罗夫斯克区(Каменско-Днепропетровский)的捷尔仁斯基国营农场的南部黑钙土一带,以及尼科拉也夫斯克省斯涅吉烈夫斯克(Снегиревский)区的马林科夫国营农场的南部黑钙土上,进行了广泛的田间研究工作。

在基辅附近的试验地上进行了糖萝卜、玉米及甜菜苗的研究,在乌克兰南部——马铃薯和大麻。

放射性同位素所用的剂量如下:处理种子——每公斤种子 0.5—12 微居里,根外追肥——每 1 平方米面积 0.1 及 0.25 微居里,播种时施于土壤每垅 1—5 微居里。

番茄种子每公斤用 10 及 40 微居里剂量处理,马铃薯根外追肥每株剂量 0.1—1 微居里。

在播种前将种子放在放射性同位素溶液中浸 24 小时。在计

算时要考虑到不同作物种子吸水的能力。根外追肥用背負式噴霧器，在馬鈴薯、大麻开始开花前的時間的一个晚上进行，糖蘿卜根外追肥則在行內封壟的初期进行。

糖蘿卜的試驗重复了 5 次，玉米試驗 6 次。甜菜苗重复了 4 次。实验分区的实际面积——50 平方米。用收获物的重量除以全部实验区的面积的方法来計算。

在集体农庄及国营农場的試驗重复了 4 次。試驗分区的面积——100—50 平方米。

已經研究了在足够的矿物肥料的环境下，放射性同位素电离射綫的影响，所采用的定額是：糖蘿卜、玉米、甜菜苗——PO-45, KO-30 公斤/公頃（除此之外，糖蘿卜在播种时在壟行間施有 10 公斤 PK），馬鈴薯——PO-60, KO-30 公斤/公頃，大麻及番茄——PO-60, KO-30 公斤/公頃。

五区輪作制中，冬小麦是糖蘿卜、玉米、甜菜苗的前作。播种选取了糖蘿卜 ВИНС-591 选种及玉米 УНДИСОЗ 选种的 Борьба 品种的种子。

在烏克蘭南部的試驗，进行了灌溉：馬鈴薯在 6 月 7—9 日灌溉一次，每公頃計算为 500 立方米；番茄——4 月 17 日保墒澆灌，每公頃 1000 立方米，7 月 22 日及 8 月 3 日进行了生長期的灌溉，每次每公頃为 500 立方米。

在試驗站，所研究作用的綜合农业技术措施，包括田間操作及管理，都进行得适时并且質量很好。

所得到的結果証明，用放射性同位素磷（剂量每公斤 0.5, 5 及 12 微居里）处理糖蘿卜种子，增加了在草地黑鈣土上糖蘿卜的产量 38.8—46.6 公担/公頃，而对照产量是 441.6 公担/公頃，可从表 20 的数据中看到。

在放射性同位素磷的射綫的影响下，糖蘿卜的含糖率提高了 0.15—0.28%。用放射性同位素磷处理玉米种子，果穗收获量的

提高达到 2.3—4.4 公担/公頃。

表 20 磷的放射性射线对植物(草地黑钙土的)产量的影响

試驗方式	糖 蘿 卜				玉 米	
	根(公担/公頃)		含 糖 率		果穗(公担/公頃)	
	收获量	增 加	%	增 加	收获量	增 加
A 用溶液处理种子						
稳定性磷	441.6	—	18.05	—	47.5	—
放射性同位素磷, 每公斤 0.5 微居里	480.4	38.8	18.26	0.21	49.8	2.3
放射性同位素磷, 每公斤 5 微居里	486.4	44.8	18.33	0.28	50.7	3.2
放射性同位素磷, 每公斤 12 微居里	488.2	46.6	18.20	0.15	51.9	4.4
B 用溶液根外追肥						
稳定性磷	405.6	—	17.81	—	—	—
放射性同位素磷, 每平方米 0.1 微居里	422.4	16.8	18.06	0.25	—	—
放射性同位素磷, 每平方米 0.25 微居里	427.2	21.6	18.18	0.37	—	—
B 施溶液于間土壤中						
稳定性磷	364.8	—	17.81	—	—	—
放射性同位素磷, 每平方米 1 微居里	369.0	4.2	18.06	0.25	—	—
放射性同位素磷, 每平方米 5 微居里	369.6	4.8	18.12	0.31	—	—

进行根外追肥, 收获量的增加为 16.8—21.6 公担/公頃, 这时对照的产量为 405.6 公担/公頃。当以同位素磷用此法处理时, 含糖率比处理种子时略有增高。放射性磷施于土壤中(每平方米 1—5 微居里), 糖萝卜的收获量没有增加, 含糖率只增加 0.25—0.31%。

試驗的準確度 用放射性同位素磷处理糖萝卜种子的試驗, $P=3.6\%$; 糖萝卜的根外追肥的試驗 $P=2.3\%$; 玉米种子处理試

驗, $P=2.8\%$ 。

用同位素鋅在播种前处理糖蘿卜种子, 效果較小, 这种情况下, 收获量的增加为 8.8—23.2 公担/公頃, 而对照为 347.2 公担/公頃 (表 21)。

表 21 鋅放射性射綫对植物(草地黑鈣土的)产量的影响

試 驗 方 式	糖 蘿 卜				玉 米	
	根(公担/公頃)		含 糖 率		果穗(公担/公頃)	
	收获量	增 加	%	增 加	收获量	增 加
A 用溶液处理种子						
稳定性鋅	347.2	—	17.72	—	41.9	—
放射性同位素鋅, 每公斤 0.5 微居里	356	8.8	18.20	0.48	42.5	0.6
放射性同位素鋅, 每公斤 5 微居里	370.4	23.2	17.98	0.26	44.7	2.8
放射性同位素鋅, 每公斤 12 微居里	366.4	19.2	17.86	0.14	47.8	5.7
B 用溶液进行根外追肥						
稳定性鋅	248.8	—	17.2	—	—	—
放射性同位素鋅, 每平方米 0.1 微居里	263.2	14.4	17.72	0.50	—	—
放射性同位素鋅, 每平方米 0.25 微居里	278.6	29.8	17.86	0.66	—	—
B 播种时施溶液于間土壤中						
稳定性鋅	212	—	17.12	—	—	—
放射性同位素鋅, 每平方米 1 微居里	218.4	6.4	17.24	0.12	—	—
放射性同位素鋅, 每平方米 5 微居里	221.6	9.6	17.27	0.15	—	—

用放射性同位素鋅处理糖蘿卜种子, 按計算, 每公斤 5 微居里时, 所得到的收获量增加最大。同时, 糖蘿卜的含糖率增加了 0.26%。增大剂量到 12 微居里, 含糖率降低到 0.14%。

用剂量为 12 微居里的放射性同位素鋅处理玉米种子, 也得到

极高的丰产(当对照为 47.9 公担/公顷时增加 5.7 公担/公顷)。剂量为 0.5 及 5 微居里时效果不大。糖萝卜用同位素锌进行根外追肥时,收获量的增加与种子处理时大致相同,而含糖率却显著地增高得比较多。在这种情况下,根的收获量的增加达到 14.4—29.8 公担/公顷,对照为 248.8 公担/公顷,而含糖率增高到 0.5—0.66%,对照为 17.12%。

同位素锌在播种时施于壟間土壤中,每平方米剂量为 1—5 微居里,对糖萝卜的收获量及含糖率都没有影响。

用放射性同位素锌处理糖萝卜种子的试验,试验准确度 $P=2.4\%$,而根外追肥试验—— $P=1.5\%$ 。

用放射性同位素硫在播种前处理糖萝卜及玉米的种子,引起显著的收获量增高(表 22)。

表 22 硫放射性射线对植物(弱灰钙土)产量的影响

试验方案	糖 萝 卜				玉 米	
	根(公担/公顷)		含 糖 率		果穗(公担/公顷)	
	收获量	增 加	%	增 加	收获量	增 加

A 用溶液处理种子

稳定性硫	195.6	—	17.94	—	50.6	—
放射性同位素硫, 每公斤 0.5 微居里	219.2	23.6	18.34	0.4	51.4	0.8
放射性同位素硫, 每公斤 5 微居里	234.8	39.2	18.50	0.56	56.0	5.4
放射性同位素硫, 每公斤 12 微居里	230.4	34.8	18.24	0.30	55.8	5.2

B 用溶液进行根外追肥

稳定性硫	168.8	—	16.67	—	—	—
放射性同位素硫, 每平方米 0.1 微居里	190.4	21.6	16.97	0.30	—	—
放射性同位素硫, 每平方米 0.25 微居里	204	35.2	17.17	0.50	—	—

处理种子,以第二个剂量(5微居里)的效果最大,糖萝卜收获量增加达到 39.2 公担/公顷,而对照的收获量为 195.6 公担/公顷,玉米达到 5.4 公担/公顷,对照的收获量是 50.6 公担/公顷。含糖率增高的最大值 0.56%,也是用这个剂量得到的。

用放射性同位素硫进行糖萝卜的根外追肥,每平方米剂量 0.25 微居里,收获量增加 36.2 公担/公顷,对照为 168.8 公担/公顷。剂量为 0.1 微居里时,收获量增加为 21.6 公担/公顷。

用放射性同位素硫处理糖萝卜种子的试验,试验准确度为 $P=2.9\%$,处理玉米种子试验,试验准确度为 $P=4.7\%$ 。

必须说明,在正常的技术措施下,放射性同位素是不是要进入糖萝卜的制成品中。为此目的,在盆栽试验中研究了放射性同位素钙如何进入糖萝卜中,而以后,如何进入它的制成品中。

已经确定,放射性同位素钙出现在糖萝卜的幼苗、叶子及根中一直到六月末。最大量的放射性同位素钙进入到糖萝卜的叶子中,放射性同位素钙也进入到根中,但强度较弱。计算在生长末期糖萝卜的放射性表明,在根的灰分中存在一定量的放射性钙(当剂量为 10 微居里时,它的 1 克灰的比放射性为 $1.1 \cdot 10^{-2}$; 当剂量为 5 微居里时,则为 $4.65 \cdot 10^{-3}$)。在实验室条件下对糖萝卜进行相应的加工。将所得到的澄清的糖浆进行灰化,在它的灰分中,测定了放射性钙的含量。

已经确定,放射性钙不含于澄清的糖浆的灰分中,所以,用小剂量电离射线作用于糖萝卜时,不必担心污染糖的最后产物。

用放射性同位素磷及锌处理糖萝卜种子,和用放射性硫在弱灰化的砂壤土上进行根外追肥,对种子收获量表现出不同的影响。

1952年在放射性同位素试验中所培植的糖萝卜的根是分堆保存的,并在 1953 年春天种在农学院试验站的弱灰化砂壤土上,行距 70×70 厘米。实验的结果如表 23。

表 23 放射性同位素磷、锌和硫在处理种子及进行根外追肥时对于作物以后产量的影响(公担/公顷)

試 驗 方 案	收 获 量	增 加
稳定性磷	7.8	—
放射性同位素磷, 0.0025 微居里	8.9	1.1
放射性同位素磷, 0.025 微居里	10.2	2.4
放射性同位素磷, 12.5 微居里	10.5	2.7
稳定性锌	6.7	—
放射性同位素锌, 0.02 微居里	7.03	0.3
放射性同位素锌, 46 微居里	6.9	0.2
放射性同位素锌, 46 微居里, 处理种子或定植时 注入根中	8.1	1.4
稳定性硫	6.4	—
放射性同位素硫, 1 微居里根外追肥	5.9	0.5
用水处理的种子	6.4	—
用放射性同位素硫处理糖萝卜种子及根外追肥	6	0.4

用剂量 0.0025—12.5 微居里放射性磷处理, 收获量增加 1.1—2.7 公担/公顷, 而对照为 7.8 公担/公顷, 但是用放射性同位素硫, 剂量每平方米 1 微居里进行根外追肥时没有表现出正影响。放射性锌也没有引起糖萝卜种子收获量的增高。

1953 年我们进行了试验来研究用放射性同位素处理羽扁豆种子, 春播时种在弱灰化砂壤土上。所进行的试验表明, 用剂量每公斤 0.5—12 微居里的放射性同位素磷和锌在播种前处理羽扁豆种子, 可以促使主根生长加强, 促使根的膨大, 并在根上强烈地形成根瘤。

这还可以在 1953 年收获的羽扁豆的植株中得到极明确的証

明。100 株收获的羽扁豆植株的根重,当用放射性锌 0.05—12 微居里处理过的种子所长成的是 2588 克及 2532 克,而对照是 1708 克,并且根瘤的数量,第一剂量时增加到 13040 个,第二剂量——增加到 11832 个,而对照为 8784 个。

所得到的结果,可以建议广泛试用小剂量放射性同位素(每公斤 0.5 微居里)处理羽扁豆种子,以增多有机物质并丰富土壤中的氮。这对于坡列斯(Полесь)地带具有特别重大的意义。

当研究根系的生长与细胞质的亲水性急剧改变的关系时,我们注意到,用放射性同位素磷和锌处理过种子的羽扁豆根毛膨压很快地丧失的现象。这个现象也在玉米的发芽种子出现幼根时观察到。

在尼古拉耶夫省斯涅吉烈夫区的南部黑钙土上,用放射性同位素磷、钙及硫对巴甫洛格勒大麻进行根外追肥,降低了茎秆及种子的收获量。在赫尔松省栗钙土上,处理种子使番茄的收获量略微提高(提高 2—7 公担/公顷,对照为 104 公担/公顷)。

当对照马铃薯的收获量很低时,用放射性同位素磷及锌对马铃薯进行根外追肥也没有得到这种显著的正结果。施用硫能促使马铃薯的收获量有某些增加(10.4—21 公担/公顷)。

这里所列出的所有数据,使能作出一般的结论:当进一步深入掌握电离射线对植物作用的特性的知识时,利用放射性同位素,是提高收获量及调节农作物的新陈代谢过程的极有效的方法;因此,必须继续广泛地进行这一方面的研究工作。

这项研究工作是和化学候补博士科斯马特(Е. С. Космат),生物学候补博士克里莫维茨卡(З. М. Климовицка),里索瓦尔(П. З. Лисовал)及研究生格罗德津斯基(Д. М. Гродзинский)共同完成的。

参考文献

1. Баранов В. И. 1939. Докл. АН СССР, т. 24, № 9.
2. Власюк П. А., Косматый Е. С. и Ленденская Л. Д. 1952. Научные труды Института физиологии растений и агрохимии АН УССР, № 5, 294.
3. Власюк П. А., Косматый Е. С., Климовицкая З. М., Лисовая П. З. и Гродзинский Д. М. Отчет за 1953 г.
4. Гаузе Г. Ф. 1946. Успехи совр. биолог., № 3 (6), 433.
5. Дробков А. А. 1939. Труды биохимической лаборатории АН СССР, т. 5.
6. Дробков А. А. 1940. Изв. АН СССР, сер. биологич., № 5.
7. Дробков А. А. 1941. Докл. АН СССР, т. 32, № 9.
8. Душечкин А. И., Шилов А. А., Вывалько И. Г. и Ясников А. А. Отчет за 1952 г.
9. Ключковский В. М., Иваненко Д. Д., Багаев В. Б. и Рогинский В. В. 1947. Докл. АН СССР, т. 58, № 1, 93.
10. Ключковский В. М. и Жердецкая Г. Н. 1951. Докл. АН СССР, т. 79, № 5, 849.
11. Кузин А. М., Меренова В. И. и Мамуль Я. В. 1952. Докл. АН СССР, т. 85, 645.
12. Кузин А. М. и Мериянова В. И. 1953. Докл. АН СССР, т. 90, № 4, 667.
13. Кузнецов П. 1948. Изв. АН Уз.ССР, вып. 3, 50.
14. Курсанов А. Л., Кузин А. М. и Мамуль Я. В. 1952. Докл. АН СССР, т. 79, 685.
15. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Вертепетян Т. Т. 1952. Докл. АН СССР, т. 85, № 4, 913.
16. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Пушкарева М. И. 1953. Докл. АН СССР, т. 88, № 5, 937.
17. Незговорова Л. А. 1952. Докл. АН СССР, т. 85, № 6, 1387.
18. Незговорова Л. А. 1953. Докл. АН СССР, т. 92, № 5, 1085.
19. Нейман М. В., Прокофьев А. А. и Канторович П. С. 1951. Докл. АН СССР, т. 88, № 2, 367.

[沈其丰译. 作者: П. А. Власюк. 原题: Влияние малых доз ионизирующих излучений на сельскохозяйственные растения.]

小剂量倫琴射綫和放射性鈷对植物 生長作用的研究

Л. П. 勃列斯拉維奇 З. Ф. 米列契克 В. А. 亞茨科娃

(苏联科学院生物物理学研究所)

苏联科学院生物物理研究所在研究电离射綫对于农业植物种子的影响以刺激它們发展方面,进行了有計劃的試驗。

第一个試驗是进行关于电离射綫对紅蘿卜、豌豆和黑麦的种子的发芽率和发芽能力的影响。我們所以取这三种植物是由于这些植物对倫琴射綫有較高的感应性。

除了倫琴射綫以外,还試驗了同位素鈷-60 的作用。在田間条件下,这种射綫的来源比起倫琴射綫有很多优越性。

試驗是用干的种子进行,因为在这种情况下正的结果才有实际的意义,而用湿种子和种芽所作的实验,由于无法轉运,未必有这样的实际意义。

春黑麦半生产規模的試驗是在季米里亞捷夫农学院植物栽培教研組的試驗区上进行的,而豌豆和紅蘿卜的試驗是在該院的蔬菜試驗站上进行的。

按每一个被照射的植物我們来討論各个試驗。

春 黑 麦

为了研究照射对发芽率和发芽能力的影响,我們进行了大量的試驗。現仅討論其中少数几个試驗。

1. 倫琴射綫的作用 用剂量从 50 到 1600 倫琴照射干的黑

麦种子。在所有的試驗中照射的条件是一样的：160 千伏，5 毫安培，紙板過濾器与射綫管的距离为 60 厘米，放射能力为 50 倫琴/秒，在彼得里 (Петри) 盤中干濾紙上照射种子，在照射以后每盤中立刻注入蒸餾水 5 毫升。第二天仍旧补充 5 毫升蒸餾水，第三天第一次作根和胚芽鞘的測量。这种測量在照射后的第四天和第五天也要进行。試驗的結果很清楚地說明：1600 倫琴照射剂量对种子的发芽能力是有害的，因此这个剂量是不能应用的。

2. Co^{60} 的作用 我們根据舍赫特曼 (Я. Л. Шехтман) 的数据， Co^{60} 制剂为距离 50 厘米每小时 0.53 倫琴。基于一定的发芽率和发芽能力的試驗，我們采用了距射綫管为 50 及 120 厘米，照射時間为 48 小时。这样，在这个時間內，距射綫管为 50 厘米的种子获得不超过 25 倫琴的剂量，但是較远些 (120 厘米) 是 5 倫琴左右。种子照射在彼德里盤中乾燥濾紙上进行。照射完了以后，立刻向每个盤中注入蒸餾水 5 毫升，在第二天再加 5 毫升。照射后的第三天进行第一次測量，然后第四天第五天仍旧进行測量。

在所有的試驗中測量了 20 个黑麦的幼苗。在表 1 中得出不同剂量的倫琴射綫和 Co^{60} 作用的数据 (受到倫琴射綫和 Co^{60} 作用的种子在同一天甚至几乎在同一小时浸湿) (图 1 及图 2)。

表 1 倫琴射綫和同位素鈷对黑麦种子发芽率的作用

射綫剂量	第 1 次測量		第 2 次測量		第 3 次測量	
	根	胚芽鞘	根	胚芽鞘	根	胚芽鞘
对照	17.8±0.79	8.9±0.49	43.5±2.43	25.9±1.53	69.6±3.53	39.2±1.74
250 倫琴	18.9±1.12	7.7±0.57	49.8±2.60	29.0±1.52	83.7±4.28	44.1±1.78
500 倫琴	20.7±1.59	8.8±0.60	52.2±2.47	29.0±1.08	80.4±5.13	43.5±1.86
750 倫琴	18.9±1.08	11.2±0.48	49.7±2.91	29.9±2.31	77.3±4.81	46.0±2.36
1000 倫琴	24.1±1.30	10.9±0.48	55.6±2.55	33.8±1.01	82.0±4.12	48.2±2.35
Co I^*	26.1±1.20	12.4±0.46	61.4±1.86	33.0±0.54	62.0±5.01	39.6±1.69
Co II^{**}	22.7±1.35	11.2±0.65	57.0±2.79	31.8±1.13	80.8±4.84	42.9±2.14

* Co I —— 距离放射管为 120 厘米 (4.3 倫琴)。

** Co II —— 距离放射管为 50 厘米 (25 倫琴)。

根据上表的数据我们在田间的条件下用剂量为 750 倫琴和 1000 倫琴的倫琴射线进行试验，因为虽然第三次测量指出愈低的剂量作用较好，但是从以前的试验，我们知道倫琴射线的良好作用消失了，而更大的作用是保存着的。为了用钴作为刺激剂进行试验，我们取用了两个剂量，即从两个距同位素不同的距离来照射黑麦的种子。

在植物栽培教研组的实验地我们用了 6 分地，每分地为 10 平方米（这个教研组一般试验地的大小）。其中 2 分地是作对照试验，而 1 分地是为了照射种子之用。所有的照射过和没有照射过的黑麦种子都是在同一天——4 月 22 日播种。5 月 5 日在试验地检查种子的发芽率时，看到在所有的试验地上幼苗都是一齐的，但是被倫琴射线照射过的种子的幼苗比对照和钴同位素所照射的种子的幼苗更强壮，并且呈暗绿色。但是这种区别很快的就不显著了。在生长季节快要结束时几乎天天下雨，试验地上所有的黑麦都倒了，因此在这个地上就无法计算收获量。只好规定如下：从每个试验

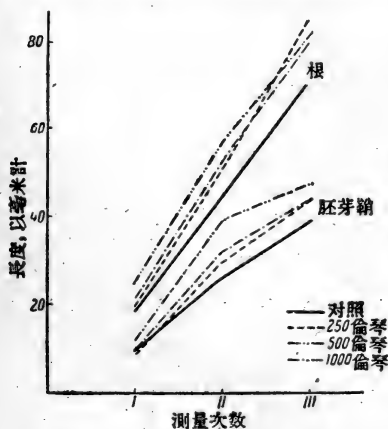


图 1. 倫琴射线照射对黑麦发芽强度的影响

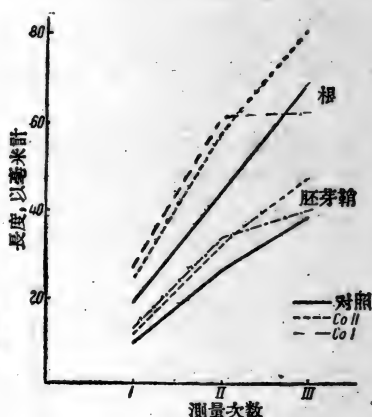


图 2. 钴同位素射线照射对黑麦发芽强度的影响

地上无选择的一連取 100 个植株，把它們按照品种試驗所拟定的条例加以分析。

从这 100 个植株中每个由其主枝上取一个穗（表 2 ——表中取平均的数据）。

表 2 春黑麦收获量的分析

射綫剂量	穗的長度 (厘米)	穗的重量 (克)	一个穗中 种子的数目	一个穗中种子 的重量(克)	种子的長度 (毫米)
对照	9.0±0.23	1.070±0.063	40.1±1.650	0.810±0.046	8.6±0.130
1000倫琴	9.8±0.28	1.120±0.064	35.3±1.570	0.870±0.064	8.9±0.150
750 倫琴	9.9±0.17	1.170±0.050	37.5±0.995	0.890±0.044	9.1±0.115
Co I*	10.1±0.19	1.200±0.051	40.3±0.13	0.950±0.043	8.9±0.121
Co II*	10.1±0.22	1.480±0.063	43.8±0.13	1.180±0.058	9.2±0.018

* 所代表与表 1 相同。

收获量的分析指出在电离射綫的影响下，穗的長度和种子長度改变不大，而穗的重量和种子的重量增加較多，特别是表现在距放射管 50 厘米时鈷的作用。下面的数据很清楚的指出 1000 粒种子重量的增加，如大家所知道的这对收获量的估計有很大的意义（表 3）。

表 3 倫琴射綫及鈷同位素对种子重量变化的作用

射 綫 剂 量	1000 个种子重量, 以克計	百 分 数
对照	21.270	100
1000倫琴	25.880	121
750 倫琴	26.100	122
Co I*	25.750	121
Co II*	29.800	140

* 所代表与表 1 相同。

总结两种电离射线对于黑麦种子的作用,可以得出结论,所用的电离射线的剂量刺激根和胚芽鞘的生长和发育,并且增加产量,其程度可从穗中种子重量和 1000 个种子重量来判断;这种照射可以认为是为了增产的新农业措施,因此必须在选种站和大规模的集体农庄中试验。

紅 蘿 卜

首先是研究照射对紅萝卜种子的发芽率和发芽能力的作用。从被 250, 500, 1000 和 2000 倫琴所照射过的种子的幼苗来判断发芽率,已经表明,只有剂量是 2000 倫琴时对紅萝卜的幼苗是有害的,剂量为 1000 倫琴时刺激发育不显著,效果最好的是剂量为 500 倫琴时。

测量根的长度最好地表明了照射对紅萝卜种子作用(表 4 和图 3)。

表 4 倫琴射线对紅萝卜根的长度变化的作用

照 射 剂 量	第 1 次测量	第 2 次测量	第 3 次测量
对照	27.2±1.33	38.6±1.98	50.0±3.11
250 倫琴	27.4±1.54	50.7±7.72	63.9±3.60
500 倫琴	32.6±1.40	64.0±2.56	72.2±4.84
1000 倫琴	28.2±1.31	43.6±2.24	53.0±3.67
2000 倫琴	17.2±1.03	34.0±2.16	48.0±2.79

当研究钴同位素的作用时我们开始试验 3 个剂量,正确的说是距放射物 3 个不同的距离: 50, 120 和 190 厘米。已经证明当射线距离太远,它对紅萝卜种子的作用就停止了,所以后来我们就只用两个距离。从表 5 上可以看到在距离为 120 厘米时的作用得到的结果最好(图 4)。

表 5 鈷同位素对紅蘿卜根長度变化的作用

射 綫 剂 量	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量
对照	35.4±2.78	68.6±3.90	66.0±6.34
Co I*	44.0±1.39	64.9±2.94	88.2±4.82
Co II*	42.0±2.38	71.5±2.90	80.3±4.21
Co III*	35.4±2.38	63.0±1.57	69.0±3.90

* 所代表与表 1 相同, Co III——距离放射管为 190 厘米 (2.43 倫琴)。

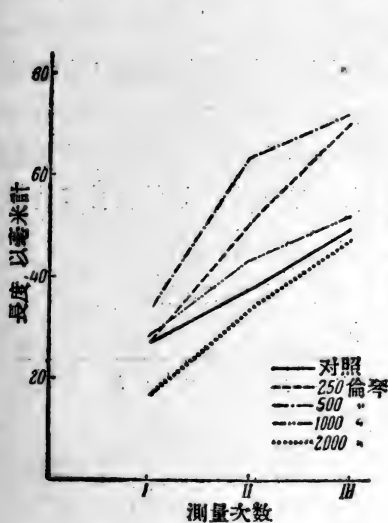


图 3. 倫琴射綫照射对紅蘿卜发芽强度的影响

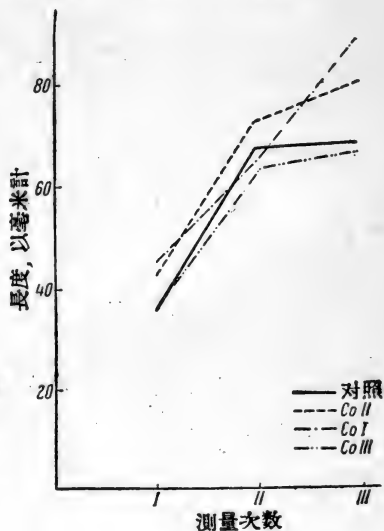


图 4. 鈷同位素射綫照射对紅蘿卜发芽强度的影响

被照射的种子播种在季米里亞捷夫农学院的蔬菜試驗站里, 重复試驗 4 次; 每个試驗地面积是 4 平方米; 总面积是 80 平方米。对照試驗地分布在整個試驗地的对角綫上。行距是 10 厘米, 每行是 5 厘米。

播种是在5月6日进行,第一个幼苗在5月13日出现,5月16日见到大量的幼苗。最好的幼苗是在受到1000和500倫琴照射过的种子所播种的壟里。在这些壟里发芽率是100%,而在对照的壟里是45—50%。

为了观察各个生长期內植株的生长和发育,我們在每10个植株中选取两个样本;第一个是在上旬,第二个是在中旬。在研究样本时,我們向蔬菜站建議观察两个子叶的长度和宽度、叶柄的长度、真正叶的长度和宽度,以及块根的重量、叶子物質的总重和块根的总重。这些测量的結果,第1旬的列在表6中,第2旬的列在表7中。

根据表6中列举的材料,可以得出以下的結論;在第1旬里发育最快是得到1000倫琴照射过的种子的植株,其次是被500倫琴所照射过的种子的植株,速度最小的是距离为50和120厘米被鈷同位素所照射的种子。对照植株是比所有被照射过的植株发育較慢。

表6 被照射过的和对照的紅蘿卜植株的发育
(第1旬)

射线剂量	第一个子叶			第二个子叶			真正叶			块根	
	叶的(毫米)长度	叶柄(毫米)长度	薄叶的(毫米)宽度	叶的(毫米)长度	叶柄(毫米)长度	薄叶的(毫米)宽度	叶的(毫米)长度	叶柄(毫米)长度	薄叶的(毫米)宽度	块根(毫米)长度	块根(毫米)直径
对照	18.8	16.0	24.3	19.0	22.83	25.4	24.6	8.4	19.56	17.10	3.00
500 倫琴	20.4	21.5	26.9	21.2	22.3	28.2	35.0	12.0	25.50	16.50	4.47
1000 倫琴	22.7	22.8	30.03	22.7	24.05	30.9	34.5	12.4	26.20	17.06	4.90
Co I*	20.4	19.2	26.6	21.1	21.0	27.6	27.16	9.6	19.90	17.60	4.03
Co II*	20.9	19.5	27.2	20.1	20.9	28.0	29.0	11.3	19.40	16.60	3.77

* 所代表与表1同。

在第2旬进行和第1旬同样的測定，除了在这时已經死掉了的子叶外，如果在第1旬被倫琴射綫所照射过的植株生長部分发育較快，那么在第2旬被鈷照射过的植株不但赶上而且超过了(表7)。

表7 被照射过的和对照的紅蘿卜植株的发育
(第2旬)

射綫剂量	叶的長度 (毫米)	叶柄長度 (毫米)	薄叶的寬度 (毫米)	块根長度 (毫米)	块根直徑 (毫米)	叶的总重 (克)	块根重量 (克)
对照	64.75	36.0	46.85	23.10	20.50	6.84	6.34
500 倫琴	60.70	34.3	44.40	20.90	19.50	4.19	5.14
1000 倫琴	63.20	43.0	44.00	23.05	20.10	4.44	5.30
Co I*	65.55	43.1	47.6	25.85	20.05	6.84	6.91
Co II*	65.15	42.55	47.3	24.55	20.45	7.54	6.68

* 所代表与表1相同。

为了在生長末期每旬来測定块根的重量，从第3旬开始，每旬取出各个試驗地的块根的掘苗样本。这些掘苗样本表明，被倫琴射綫照射过的植株的块根比对照植株早6—8天达到发育极限。收获在同一时期内进行。成熟以后块根留在地里并且重量稍减。这个事实可以用鈷同位素照射对植株的发育加速不大来解釋，人們認為这是一个影响到块根的最后重量的好方式(表8)。

这样我們用紅蘿卜所进行的实验表明，用放射性鈷同位素所照射过的收获量增加了20—26%，并且平均縮短生長季节6—8天¹⁾，后者的情况对播种在保护地上时具有很大的經濟意义。

除此之外，上面所指出的射綫增加种子发芽率百分数的作用，也就使节省播种物的用量有了可能。

1) 根据在蔬菜試驗站所得到的数据。

表 8 生長末期块根重量

射 綫 剂 量	第 1 和 第 2 块試驗地的平均值*		第 3 和 第 4 块試驗地的平均值*	
	克	%	克	%
对照	900	100	1180	100
Co I*	1087	120	1490	126.2
Co II*	1089	121	1350	114.4
500 倫琴	1064	116	1050	89.0
1000 倫琴	990	111	1100	93.0

* 第 1 和第 2 块試驗地播种在同一天, 第 3 和第 4 块試驗地也播种在同一天但較第 1、2 块迟两天。

** 所代表与表 1 相同。

豌 豆

从文献以及和阿塔別科娃 (1938) 共同进行試驗中, 关于豌豆极大的放射感应性, 我們研究了少剂量倫琴射綫的作用。所得出的結果是不很清楚的: 我們不能确定每个剂量和发芽能力間严格的关系(表 9)。所以当选择倫琴射綫剂量时, 根据我們以前試驗所指出作用最好的剂量是 350 和 500 倫琴。

表 9 倫琴射綫对豌豆根長度变化的影响

射 綫 剂 量	第 1 次測量	第 2 次測量
对照	11.9±0.54	15.6±0.65
50 倫琴	16.9±0.68	25.0±1.14
100 倫琴	14.6±0.40	23.7±0.62
200 倫琴	14.9±0.51	17.0±0.38
400 倫琴	15.3±0.48	22.0±0.43
600 倫琴	17.7±0.56	28.3±1.02
800 倫琴	12.2±0.58	36.6±1.00

鈷同位素和以前一样放在距离为 50, 120 和 190 厘米处 (表 10)。

表 10 鈷同位素对豌豆根長度变化的影响

射綫剂量	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量
对照	15.0±1.01	18.0±1.16	26.0±1.06
Co I*	21.2±0.96	26.6±1.31	31.2±1.36
Co II*	25.5±0.95	26.4±1.20	47.0±1.43
Co III*	23.1±1.21	33.5±1.43	34.0±1.53

* 所代表与表 1 相同。

然后我們在距离为 190 厘米处停止照射, 仅仅在 50 和 120 厘米处照射。

在豌豆种子被照射以后, 晝夜浸在水中, 一直到播种, 因而播种順利。

所有試驗地的农业环境都是一样的, 每块試驗地的大小为 7 平方米。一共是 14 块地: 其中 5 块地是做为对照用, 而每一种照射是用 3 块地。

播种以后經過 6 天都同时出芽, 植株密度、植株的高度和叶子的多少在所有实验地上都是完全一样。从豌豆芽出現的时候起再經過 5 星期开始开花, 这时开始表现出照射的影响。得到 350 倫琴照射的豌豆比所有其他的开花早一些。到以后就很明显的分別出用同位素鈷所照射的植物发育得比較强壯。在植物上剛一出現豆莢时就从每个地段取 10 个植株, 統計他們上面的豆莢数量, 統計每个豆莢中豆子的数量, 并且从一个地段上所取的所有的植物中称量 100 个豆子的重量 (表 11)。第一次統計是在 7 月 23 日, 第二次是在 7 月 30 日, 第三次是在 8 月 30 日。在表 12 中列出三个統計的数据。

表 11 照射对豆荚数目以及一个豆荚内的豆子数目的影响

射线剂量	豆荚数目	豆子数目	100 个豆子重量
对照	73	5.5	22.20
350 倫琴	80	5.7	22.70
500 倫琴	88	5.6	22.14
Co I*	88	6.5	24.14
Co II*	98	6.3	22.14

* 所代表与表 1 相同。

表 12 照射对豆荚数目的影响, 以%計

射线剂量	播 种 日 期		
	1 月—7 月23日	2 月—7 月30日	3 月—8 月6日
对照	100	100	100
350 倫琴	110	123	134
500 倫琴	121	78	80
Co I*	120	111	138
Co II*	134	148	110

* 所代表与表 1 相同。

因此对豌豆的照射不仅仅提高了这个植物的产量而且也改变了种子的品质。比较从试验中获得的所有的数据(表 13), 我们可以得出结论, 在合适的剂量下两种电离射线(倫琴射线和同位素钴-60)的作用是对豌豆植株有刺激作用的。因此这些射线应该作为农业措施在试验地和农场中试用。

表 13 对于对照植物和被照射过的植物的豌豆收获量的分析

射 綫 剂 量	50个植株上	1个植株上	豆莢数目	种子重量
	的豆莢数目	的豆莢数目	%	%
对照	365	7.3	100	100
350 倫琴	440	8.8	120	105
500 倫琴	442	8.8	120	82
Co I*	401	8.0	110	131
Co II*	485	9.7	133	—

* 所代表与表 1 相同。

結 論

所进行的研究工作使我們可以深信在适当条件下(实验室和田間)这些种类的射綫能够很有效地应用在农业上。鈷-60 的作用是特別有前途的。比較那些短时期照射(倫琴射綫)和長时期照射(鈷射綫)給出刺激效应的剂量,我們看到,長时期照射时所用的剂量能够减少几十倍。所以我們認為具有很大的实际意义并且提供了很多理論上的兴趣。

在总结中我們希望再一次着重指出,用照射材料的实验必須在合适条件下进行。我們知道在田間条件下必須是已被提高了的农业环境。实验指出射綫照射在肥力很坏的土壤上的作用显得很弱。我們認為优良的农业环境的必要性具有很大的意义,并且認為用被照射过的植物所作的实验的已知失敗部分是由于它不遵守这个要求的原因。

我們認為有必要在选种站、試驗站或者大型集体农庄的較大試驗地上檢查我們用这三种植物(春黑麦,紅蘿卜,豌豆)所作的实验。毫無疑問在进一步的工作中,在改善照射方法及应用它們的

技术下,为了提高农业植物的收获量我們將得到新的成就。

参 考 文 献

Бреславец Л. П. и Атабекова А. И. 1938, Действие рентгеновских лучей на семена гороха. Труды Ин-та рентгенологии.

[潘兆梅译. 作者: Л. П. Бреславец, З. Ф. Милешко и В. А. Языкова. 原題: Изучение действия малых доз лучей рентгена и радиоизотопа кобальта на вегетацию растений.]

在农业中应用超声波的展望

И. Е. 爱尔皮聶尔

(苏联科学院生物物理学研究所)

頻率在人类听觉界限以外的彈性振动常称为超声波。每秒20,000次到 10^9 次或更高頻率的振动都属于超声波的范围。

强度較大的超声波是本世紀二十年代才获得的。这是利用了晶体(石英、电气石、酒石酸鉀鈉鹽)的压电性質。这些晶体发射超声波的最好条件是在液体介質里面得到的。超声波几乎完全不能从液体介質傳播到气体介質中去,这是由于介質密度不同和超声波在其中傳播的速度也不同而造成的。如果在放射源和液体之間或是在相鄰两液体之間存在着即使厚度毫不足道的一层空气或其他气体,就会給超声波的傳播造成严重的障碍(只是在最近才发明了能在鄰近的空气中形成或强或弱超声波場的笛子)。这說明了为什么不管在生物学領域或是在化学領域里,几乎在所有的研究里都需要在超声波发生器和被射物之間加上液体接触。这个情况在討論这种能量的实际应用問題时应經常注意。

應該指出,广大的生物学家对超声波感到极大兴趣的原因是由于有許多科学家在實驗室条件下得到了許多引人入胜的結果。超声波的生物效应机构是十分突出的,它和其他物理作用的机构大不相同。只要指出超声波在某些条件下可以引起动物細胞和植物細胞的机械破裂这一点就足以說明了。根据我們和麦歇尔(M. Н. Мейсел)的實驗室共同进行的并在梅德維捷娃(Т. А. Медведева)直接参与下的观察,在超声波場的作用下酵母細胞也会发生破裂:細胞膜破裂,細胞內含物流出到周圍介質中去。布烈斯拉

維茨(Л. П. Бреславец)所得到的初步結果証明超声波場能引起蕨类植物原叶体的死亡。在这种情况下并未观察到細胞壁的破坏;只能看到細胞内部急剧的变化,这主要表现在叶綠体的散开,有时也表现在叶綠体的完全破坏上。在更長時間的超声波作用下能观察到染色質由細胞里跑出来。实验証明超声波可以引起水蚤、劍水蚤属、蝌蚪和水虫异翅目虫物的死亡〔根据我們的共同工作者奥西波娃(Л. С. Осипова)的观察〕。經過 30 秒鐘的超声波照射后水蚤的甲壳和内部器官即发生破裂;經過 60 秒鐘的照射后便可以发見甲壳的碎片,水蚤的身体裂成了許多小块。

在超声波的作用下几乎一切曾被实验过的微生物和病毒都死亡了,不論它們是病原性的或是非病原性的。甚至以对其他物理作用抵抗力强而著称的結核杆菌在超声波的作用下也失掉了致病性。放綫菌类在超声波場中也会死亡〔与苏联科学院微生物学研究所拉烏琴什切因(Я. И. Раутенштейн)的共同观察〕。放射綫菌能被超声波分裂成許多死去的小块。

超声波的消毒作用无疑地將在許多不同的工业部門中得到应用(在牛奶工业中用来消毒牛奶,在漁业工場中用来消毒养魚池等)。

超声波引起动植物細胞破裂的性質在生物工业中还有另外的一些应用。因为細胞的破裂几乎是在一刹那间就实现了,所以,可以在細胞破裂时提取出新鮮的生物活动性物質:酵素、荷尔蒙、維他命等。用超声波来从細胞中提取生物活动性物質是在較低溫度下,在消毒条件下并且是在沒有外物参加的情况下进行的;考虑到这一点便可以了解为什么能預見到这种物理方法在相应工业部門中的应用是比其他方法更为有效的了。根据我們实验室和ВНИРО的工作人员彼列普列契克(Р. Р. Переплетчик)和馬尔沙克(И. М. Маршак)所得到的初步結果証明可以用超声波来从魚的肝臟細胞中提取出魚肝油来。这种提取是几乎在室溫下进行的,

而其中所包含的維他命 A 的效能几乎完全未受損害。超声波不但能簡化提煉油类的技术程序，并且对于合理地利用所謂生产中的廢料(蛋白質等)創造了条件。

用超声波不但可以从生物細胞中提取生物活动性物質，并且还可以从微生物中提取生物活动性物質。根据 1946 年发表的結果 [И. Е. 爱尔皮聶尔和先柯尔 (А. П. Шейнкер)], 从几种病原性微生物中可以用超声波提出內毒素。在一定条件下內毒素失去其毒性，但是保留了在动物体中引起抗疫性的能力。根据克列士 (О. Крекс) 的报导 (1948) 被超声波作用过的結核杆菌和流产布魯氏杆菌样品都失去其致病性而保存了免疫性。

在被超声波处理过的結核杆菌所免疫的 8 个动物中，沒有一个在經過毒性結核杆菌的鼻內感染后曾发生死亡。观察一直进行了 8 个月。經過病理解剖也沒有发見器官或淋巴腺的結核性病变。著者在研究被超声波处理过的布魯氏杆菌的免疫性方面也得到类似的結果。曾經用天竺鼠和有角牲畜作过实验。超声波在疫苗生产中应用的可能性对于农业的价值是很难估計的。

超声波另外一个有极大实用价值的性質也是值得注意的：超声波有很强的乳化作用。近代技术在目前已有可能把这种乳化方法应用到糖食工业和維他命工业上去了。

超声波还有许多性質尚未在生物實驗室中得到較長時間的研究，但是这些性質对于食品工业來說无疑地是有极大兴趣的(制糖工业等)。这些就是超声波加速扩散过程、加速結晶过程和减小黏滯性的能力。

那末怎样解釋为什么超声波还没有在生物工业中得到应用呢？相当大的責任在于物理技术思想在这方面的某种落后。在實驗室条件下广泛应用的压电石英超声波发生器对于工业目的來說发射能力太小并且不經濟。問題不仅在于这种发射机本身和它的使用都很昂貴，并且在于它的发射能力太低，远不能适应工业的規

模。磁制伸縮发射机在較小的程度上也有同样的缺点，我們对于陶瓷发射器抱着較大的希望，用廉价材料作成很大的并具有任意形状的輻射面的可能性是非常誘人的。的确，我們在这里遇到相当大的困难，在放射过程中鈦酸鋇很快的发热而引起失去极化和减低放射能力。作出强力的超声笛的問題也是很重要的。

制造强力工业超声波发生器的工作是由于对它的物理技术要求日愈明确而变得容易了。

首先发生的是关于生物效应和所用超声波頻率之間的关系問題。許多研究者得出这样的結論，認為在所研究的頻率範圍內（从低頻到数十万赫芝）並沒有观察到这种联系。只有个别报导談到关于在超声波場中引起某些物理-化学过程的最适頻率的存在問題。当用超声波得到乳剂时曾經观察到这种关系：超声波的頻率愈高則形成的顆粒愈少。但是即使有这种关系存在那也是不足道的。在許多关于超声波对于生物活动性物質（蛋白質、氨基酸、酵素等）的影响的研究中我們並沒有观察到这种联系。生物和生物化学过程与超声波頻率之間缺乏显著联系这一事实在制造强力的工业用超声波发生器时給予了設計思想以相当广闊的余地。

关于工业用超声波的必需强度問題要更复杂一些。实际应用超声波的實驗室經驗对于解决这个問題提供了一些知識。已經精确地测定了强度的最低限度，如果强度比这个限度更弱时則不論照射時間多末長都不能看到超声波的作用。这一点是超声波和其他輻射性物理因素不同的地方。超声波必須在其强度足以引起“空隙現象”（кавитация）时才能发生作用。当超声波穿过液体时介質会发生破裂而形成許多空隙溶剂分子和液体中所溶解的气体分子在空腔內散发而成气态。随着空隙气泡的产生也产生了机械力，这些力就造成了超声波的破坏作用。

在水中当照射面上的强度达到 0.3 瓦/平方厘米时就会产生

空隙气泡。再繼續增加强度时超声波的作用几乎是綫性增加的。发生空隙所需要的超声波强度决定于介質的粘滯性：粘滯性愈大則引起空隙現象的强度也愈强。

和强度問題密切联系的是为了获得所需效果而必須的超声作用時間的長短問題。在工业条件下縮短照射時間对于在生产上利用超声波來說，不論是用来消毒，或是用来从生物原料中提取珍貴产品，或是用以乳化，或者可能用来溶解非水溶性物質等，都是决定性的因素。由于必須处理大量的液体，因此要求引入所謂流水法，并且要求作出强力的超声波发生器，后者可以利用聚焦透鏡或球面輻射器和柱面輻射器来作到，把超声波用聚焦透鏡射到被照射物体上去可以大大地加强它的强度。

應該注意到，超声波剂量的測量技术还是解决得很差的。只去測量声压和加在輻射器上面的交流电压，显然不足以估計引起各种作用的超声波能量。根据超声波的生物和化学作用而作成的測量方法是不能令人滿意的，在这方面进一步探究非常有必要。在研究强力超声波的生物作用时精确的測量方法是特別重要的。由于缺乏可靠的方法，很多已有的关于植物生長发育刺激作用的实验材料就很难得到分析。在这方面最早的研究是由依斯托米娜(О. Истомина)和奥斯特罗夫斯基(Е. Островский, 1936)所作的。他們观察到种子被超声波照射过的馬鈴薯和豌豆的发育加快了，这种加快一直延續到开花为止，魯巴(Е. Л. Рубан)和道果坡洛夫(Н. И. Долгополов)用超声波处理禾本科、豆科和油料作物种子也得到了滿意的結果。也有一些研究者得到了另外的結論，这些并不同时排斥小剂量超声波对于植物总有良好作用的可能性。但是所有这些結論所根据的实验材料都是非常有限的，这里还需要在自然条件下进行大量的实验。已經知道弱声波的照射会直接引起細胞內部的旋渦运动，和細胞核及細胞內部其他構成部分的轉动。这些現象都具有可逆的性質，但是它們完全可能在

細胞里引起生理变动。

在作出利用强力超声波的技术設計时需要特別考虑，在超声場中会发生氧化、还原、聚合、分解等現象，也可能发生分子内部的重新配置。这些反应大多数都是在研究超声波对个别蛋白質和卟啉化合物的影响时被发现的。

分析了在超声場中所进行的化学反应之后已知道这种物理作用是間接性的，它和 α 、 β 、 γ 射綫的作用机制相似。在超声波的作用下由于空隙区域里发生了很强的电场，水分子就分解成为自由氢氧根和氢原子，它們再去进行化学反应。这种理解使我們能够作出所謂避免超声波化学作用的方法。如果加进一些和水的分解产物非常相近的物質，則可以几乎完全防止所研究物質的分解。氨基酸、醇类等都可以作为这种抑制剂。

最近我們和苏罗娃 (М. Д. Сырова) 发现所加进的物質对于在超声波作用下的化学反应和生物化学反应不仅有抑制作用，并且有加速作用。这一点在研究許多技术程序时也需要考虑到。

因此，当在生物工业中应用超声波时需要考虑到两类現象：一类是和在被照射液体中所产生的机械力有关；另一类是和空隙区域中所发生的电化学过程有关。后一类現象已經受到了調整和控制，因而大大地扩大了实际利用超声波的可能性。

我們还不曾講到超声波作为分析方法的应用。已經知道超声波技术可以用来測定化学反应进行的速度和測定介質的粘滯性，这对于生产是非常重要的。

报告中所引用的材料說明了在农业的各种不同領域中应用超声波的可能性是非常巨大并且是非常多样的。无疑地，在我們国民經济进一步的发展中这种形式的能量將起很大的作用。为了这个目的需要我們努力和需要有一个科学机关与生产友誼合作的研究方針。

参考文献

1. Бреслер С. Е. 1951. О механизме окислительного действия ультразвука. Журн. физ. химии, 14, 309.
2. Блинкин С. А., Гордина А. П., Полоцкий И. Т. и Уразовский С. С. 1946. О бактерицидном действии ультразвука на дизентерийные микроорганизмы. Микробиол., эпид и иммунобиол., 5, 72.
3. Ржевкин С. Н. 1936. Ультразвуковые волны и их биологическое воздействие. Сб. «Тр. Ин-та рентгенол. и радиол.», 2, 181.
4. Уразовский С. С. и Полоцкий И. Г. 1940. Ультразвук и вызываемые им эффекты. Усп. химии, 8, 885.
5. Чернюк Е. К. 1939. Биологическое действие ультразвука (сравнительно видовой анализ). Бюлл. эксп. биол. и мед., 8, 3—4, 211.
6. Эльпинер И. Е. 1948. Ультразвуковые волны в биологии и медицине. Усп. совр. биол., 25, 116.
7. Эльпинер И. Е. 1950. Новое в учении о биологическом действии ультразвуковых волн. Усп. совр. биол., 30, 113.
8. Эльпинер И. Е. 1951. О биологических и химических процессах в поле ультразвуковых волн. Журн. технич. физики, 21, 10, 1205.
9. Эльпинер И. Е. 1952. О биологическом действии ионизирующей радиации. Усп. совр. биол., 34, 2, 219.

[李賦鎬譯. 作者: И. Е. Эльпинер. 原題: Перспективы применения ультразвуковых волн в сельском хозяйстве.]

在討論會上的發言

П. Ф. 米納耶夫

我們研究過照射頭腦不同的部分後對鳥類性腺活動力的影響。1952 年到 1953 年間曾在雞和鴨中進行過實驗。性腺的活動力的大小我們是按照產卵能力來判斷的。

對腦部不同部位的照射（在有些實驗中是對整個腦子照射）引起性腺機能狀態的變化，小劑量倫琴射綫（500—1,000 倫琴）對性腺機能有刺激作用，中等劑量（3,000—5,000 倫琴）則完全抑制了性腺的活動力。

更强的倫琴射綫劑量（20,000—25,000 倫琴）不但抑制性腺的機能，並且在某些鳥類中引起性腺的萎縮。

小劑量倫琴射綫對性腺機能的刺激作用表現在：腦部被照射過的鳥類的產卵能力比標準產卵能力提高 2—3 倍（初步的實驗結果）。

在照射大腦半球時用來抑制性腺活動所需要的輻射能的劑量比照射小腦時所需要的大得多。

這樣的實驗結果不但可以看成是中樞神經系統的不同部分對穿透輻射的感應性有所不同的証據，並且可能看成是頭腦不同部分的損害對性腺活動的影響程度亦有所不同的証據（初步結果）。

腦部被照射過的動物的後代在數量上和正常的動物的後代並沒有什麼不同。

在研究大腦半球曾受照射過的鳥類的條件反射性時，我們觀察到過去已有的條件反射的消失照例總是和產卵力的抑制同時發生的。而條件反射性也和產卵力一同恢復起來。禽類條件反射性

和性腺機能之間的密切聯系可以說明一個事實：在象脫毛這樣的生理狀態的影響下條件反射性便被抑制了，而同時，如所周知，禽類的產卵能力也完全停止了。

這些事實和 И. П. 巴甫洛夫的論點是完全相符合的，根據這些論點性腺活動是受中樞神經系統和它的最高級部分——大腦半球皮層——來控制的。

B. B. 科瓦里斯基

我想談到兩個問題：第一個問題是關於植物對穩定同位素和放射性同位素的不同關係。這個在 П. А. 甫拉修克的報告中曾接觸到的問題是有很大的原則意義的，應當說，在許多研究工作中的缺點就是沒有注意到放射性輻射，而在解決一系列問題中只估計到穩定元素的作用。譬如說，在解決組織的滲透性時就沒有估計到輻射的影響。研究物質的穿透，但是未估計到可能影響滲透作用的輻射。

第二個應該在應用同位素時解決的問題（應用穩定同位素時也一樣），就是關於放射性元素在組織中積存的問題（譬如說在動物組織中）。

當我們研究微量元素被組織積存時觀察到它們在各種不同的組織中並不是均勻分布的，即我們發現了組織的選擇性。例如，鈷在腦垂體中集中得最多——這是鈷最集中的器官。但是如果應用鈷的放射性同位素則不能得到相同的現象。

因此，當談到各種器官對某種微量元素的積存時不能根據放射性原子的積存來推斷穩定原子的積存，因為這方面它們的類似性可能並不存在。

因此，各種器官對於穩定同位素和對於放射性同位素的積存應該分別估計。在 П. А. 甫拉修克的報告中曾考慮到這個情況，並且從這一點上看來他的報告是有很大的意義的。

在这方面平衡实验是特别能表明的，我們曾不得不进行研究并估计放射性和稳定钴元素的平衡，从而指出这些平衡是非常不一致的。

对于平衡的检查是非常精密的：放射性同位素不但在我們的实验室内被测定过，并且也在生物地质化学研究所中测定过。而指出当稳定性钴在器官中积存了 65—70—75% 时，放射性钴却只有 25—30%。显然活细胞对于稳定性钴和放射性钴的关系是不同的。

Ф. И. 烏切瓦特金

我想简短地介绍烏茲別克苏维埃社会主义共和国科学院农业研究所在放射性磷对土壤生物的生长和生命活动，以及对于棉株生长的影响方面所得到的初步结果。

农作物的产量和土壤微生物有很密切的关系。1952 年在我們的研究所里试验了各种剂量的放射性磷（每千克土壤中 100、200、400、800、1,200 微居里）对于固氮菌繁殖力和活动力的作用。在试验中估计了在每克糖中所固定的氮的毫克数：在对照样本中固定了 6.6 毫克，在 100 微居里的剂量下固定了 13.7 毫克，在 200 微居里剂量下是 11.6 毫克，在强剂量下氮量回落到 7.5 毫克。

所以当使用 100 到 200 微居里剂量的放射性磷时，和对照样本比较，固氮菌的活动力约提高了 1 倍。细菌的数量也大大增加了：在对照样本中每立方厘米有 660 万个菌细胞，在 100 微居里剂量时是 3,900 万个，在 200 微居里时是 1,600 万个。

试验说明了更小剂量的作用要更合适些。在对照样本中每立方厘米中有 5,100 万个菌细胞，在 5 微居里剂量作用下是 52,200 万个，10 微居里时是 90,600 万个，而在 50 微居里时达到 96,000 万个。

在 1953 年曾进行实验来研究放射性磷对于土壤成氮能力的

影响。在沒有放射性磷时每千克土壤中有 394 毫克氮。当用 5 微居里放射能力的放射性磷来代替普通磷时便有 680 毫克，用 10 和 50 微居里—680 毫克，用 300 微居里—415 毫克。

当使用小剂量放射性磷时土壤的成氮能力几乎完全沒有改变，同时土壤中纖維素的微生物腐敗也不改变。如果在 1.5 克的对照纖維中腐敗了 0.5 克，即約腐敗了 32%，則在 5 微居里剂量放射性磷的作用下也得到同样的結果。当使用 10 微居里时細菌分解便有所减少，在 200 微居里时細胞的分解已不显著，而当 400 微居里时就完全不发生分解了。

为了研究放射性磷对于棉株生長的作用，曾經用小剂量放射性磷进行过田間实验。这个实验还没有完成，但是根据初步的材料，可以說正在得到一些肯定性的結果。

根据我們的实验結果我們趋向于这样两个結論。第一个結論：某些放射性物質（特別是我們試驗过的放射性磷）对于微生物和植物的生長都有一定的影响，并且小剂量的影响是正的，而大剂量的影响是負的。放射性同位素的这些作用可以用来激发有用的变化而抑制有害的变化，并且可能被用来改造农作物。

第二个結論——当在研究中应用示踪原子的方法时永远要估計到在放射性射綫的影响下有机体机能发生变化的可能性。

О. Л. 喀德罗夫-济赫曼

放射性射綫对动物有机体和植物有机体所起的作用引起了很大的兴趣。这个兴趣是被下面的事实决定的，即鈷的放射性射綫在适当的强度下能在植物有机体中引起正作用。我們在田間实验中观察到放射性射綫在車軸草上所引起的这种作用。我們的实验結果是把放射性元素的作用和非放射性元素的作用相互比較得到的。我們看到，例如，用 Л. П. 布烈斯拉維茨(Л. П. Бреславец)的方法和用植物間接照射的方法都能得到正的效果。

因此我倾向于肯定这样的事实，即 γ 和 β 射线都能引起正的效果。

在解决这个问题时德罗布科夫 (А. А. Дробков) 的很有趣味的实验结果有着很大的意义。但是在有一点上我不同意他的结论，那就是认为放射性元素的正效果主要是由放射性射线所引起的。这个结论是和一系列事实相矛盾的。例如，除了放射性钴以外，非放射性的钴同位素在提高植物产量方面也能表现出显著的正效果来 (提高收获量 30% 到 50%)。必须清楚地确定在这里面放射性射线起了什么作用。

研究了所获得的全部材料之后，我认为放射性射线能引起重要的作用。但是没有理由断定放射性元素的主要作用仅仅是由于放射性射线引起的，至少我们所研究过的许多放射性元素的主要作用是这样的。

П. А. 甫拉修克关于植物对于放射性元素和非放射性元素的选择性所发表的意见引起我很大的兴趣，我认为放射性元素和非放射性元素在植物有机体中的行为不同原则上是可能的，当然这是在保持了化学和物理过程所有的规律下的不同行为。可能由于一些我们仍不很清楚的原因，放射性同位素在植物有机体中某些方面的行为会和稳定性元素有所不同。

B. M. 克列奇科夫斯基

我想谈两个问题：第一个问题是关于在农业中为了提高植物收获量用小剂量放射性物质作为刺激剂的可能性。

П. А. 甫拉修克所报告的材料是有很感兴趣的。作为其工作的一个优点应当提到为了试验用放射性同位素溶液浸种而在田间条件下所作的大量实验，因为正是在这样的条件下才能希望表现出射线的刺激作用。著者所提到的对糖萝卜第一生长期的刺激可以对植物产量产生有利的影响。希望在关于所进行的工作的最后

結論中對於所獲結果可靠性的鑑定給予更多的注意。

在 П. А. 甫拉修克所提供的材料中有一個情況引起人們的注意，那就是由於所用肥料的不同在某些場合下所得的結果是互相矛盾的。這証實了我的一个思想，那就是植物原來受過的刺激是有根本意義的。如果這個刺激是在必須條件下和在必須的時間上作用的，則可以得到正的效果。但是如果植物由於肥料的作用在第一階段已經得到了發育的補充刺激，則它們對於放射性元素的浸種將不起反應。

因此在類似的研究中我們應該研究大量的多種多樣的條件，而象報告中所談到的那樣廣泛的工作是很有用的。

第二個問題涉及到一個重要的事實：放射性鈣和穩定性鈣在植物體中吸收量是不同的。對這個問題應有特別的注意。如果這個事實是確實的，那這就是很重要的發現，這個發現在現在就應該引起物理學家和化學家的注意。因此我建議這一類材料應該受到特別看待，或者應分出某個委員會來研究它。應該在研究這個問題的許多化學家和物理學家的實驗室中進行類似的實驗。我並不懷疑在工作中所用過的方法是客觀的，但是為了更大的確定性，畢竟應該在幾處不同的地方進行實驗。因此應該請 П. А. 甫拉修克仔細地說明証實鈣的放射性同位素在植物中的移動比穩定同位素慢十倍的實驗是如何進行的。

Е. И. 拉特聶爾

我想關於 П. А. 甫拉修克的報告表示一些意見。П. А. 甫拉修克所介紹的關於放射性同位素和穩定性同位素在外界條件中和在植物體內的行為有很大分歧的事實和他的關於植物選擇性吸收的結論使我回想起一些工作，它們可以作為這種現象的明顯的說明。

還在戰前時期就曾發表過一些工作，在這些工作中研究了植

物根在 0°C 附近的温度下对放射性钙的吸收作用,这时新陈代谢性的吸收几乎完全停止了。在这些条件下放射性钙被大量的吸收了,而所吸入钙的总量却是不足道的。如果在这种情况下计算放射性同位素和稳定性同位素的比例,则会和在外界介质中得到的比例有很大的不同。

我想在 П. А. 甫拉修克所谈到的情况下我们是遇到了同位素交换现象,即在和放射性钙被吸收的同时进行着同位素的交换现象,这时钙被交换了,但不引起任何作用,故植物对于钙总的吸收能力降低了。我觉得同位素交换可以作为所观察现象的一种解释。

A. M. 庫津

我想强调指出,不管在基本报告里或是在已有的发言里,我们首先看到的是全体一致承认应用小剂量电离性射线来在农作物中引起有利作用是可能的。

在两三年以前还只有个别的观察,并且远不是都经过实验的,因而,自然它们只引起谨慎和怀疑的态度。现在我们已经很清楚地知道放射性射线的刺激作用不仅和放射源的剂量有关,并且也决定于作物的生物学特性和它生长发育中的全部条件。正因为这样,所以为了在农业实践中广泛地应用这种新方法必须更进一步深入地研究某些作物和其最适于用电离性射线来提高产量的培育条件。

已经证实了的小剂量电离性射线刺激作用的事实本身就是我们工作的重要成就,而我希望还指出在这个方向上进一步研究是很重要的。

[李賦鎬譯, 作者: П. Ф. Минаев, В. В. Ковальский, Ф. И. Учеваткин, О. Л. Кедров-Зихман, В. М. Кле-
чковский Е. И. Ратнер, А. М. Кузин. 原題: Высту-
пления в прениях.]

II

植物人工光照和烟幕保护在农业中的应用



人工光照在温室栽培中的应用

M. B. 索科洛夫 C. B. 塔吉娃

(苏联科学院生物物理学研究所)

为什么冬季的温室栽培需要人工光照

根据苏共中央委员会九月全体会议的决议，在1954和1955两年中间将要在集体农庄中建造824,000平方米的温室，在国营农场中将建造437,000平方米的温室。根据目前不完全的材料，全苏已有温室面积将近700,000—800,000平方米。因此在两三年内温室总面积将达到200万平方米。多数的温室农场将分布在苏联中部和北部的大工业中心附近。在这些地区的气候条件下不可能在冬天和春天的露天中收获蔬菜——即从10月到5月不能收获蔬菜，这比半年的时间还要长。

有了具备人工加热装备的温室以后就可以在早春得到蔬菜（在3月、4月、5月），并且可以把生长期延长到秋天。春季的蔬菜（黄瓜、番茄）栽培要求从12月到2月间对幼苗进行人工光照。因为在温室所在的地区冬季的光照不足以保证植物的正常生长。

在莫斯科地区10月份的昼长是9—10小时，在12月份大约是7小时，在1月份是7—9小时。

在这样短促的白天里，由于太阳在地平线上的位置很低，并且天气阴霾，每年中这几个月里的典型照度不超过10,000到130,000个勒克司，这个照度大约只相当于夏季照度的十分之一。而在温室里由于玻璃对光的吸收和玻璃被灰尘弄得很脏会使得照度要更

小一些。在冬季照度就降低到 1,000—2,000 勒克司,即接近补偿照度。这样的照度显然不足以供给由种子生长起来的植物(黄瓜和番茄)正常光合作用和生长过程的需要,因为这种植物是没有很多营养储备的。对于正常的光合作用来说在一昼夜之内必须有 14—16 小时不低于 6—8 千勒克司的光照。因此非常明显,为了在全年中培养番茄、黄瓜和它们的幼苗必须在冬季使用人工光源——日光灯或白炽灯——来进行加长的温室光照。

幼苗占去温室面积不到总面积的 15%。其余的面积在冬季都未被利用,或者只是用来栽培价值较低的作物,如青葱、芹菜、香芹菜、莖叶甜菜等。应该注意建造 1 平方米温室要花费 500—1,000 卢布甚至更多。而这些昂贵的建筑物在冬季完全没有被充分利用。

在许多情况下有些温室在冬季就暂时停闭了。根据俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国国营农场部的材料,全部 8 万 8 千平方米的温室面积中在冬季只使用了 5 万平方米,因而总温室面积的 43% 都是在冬季中停止使用的。

为了保证在全年中收获蔬菜必须停止这种甚至在已有了栽培幼苗的光照设备后仍发生的不协调现象,其方法就是用补加人工光照的方法来栽培番茄和黄瓜,使得在 11 月、12 月、1 月和 2 月中能收获。

在北部地区,冬季栽培青葱、香芹菜、芹菜和其他蔬菜时也必须补加人工光照。

科学机关的研究结果和先进温室农场的经验

30 年前 Н. А. 马克西莫夫(Н. А. Максимов)和 М. Г. 耶夫列英诺夫(М. Г. Евреинов)所创始的并由他们的门生继续研究的工作已在原则上解决了在人工光照下栽培任何植物的可能性问题。

在先进溫室农場的實踐中，首先是用补加人工光照的方法来在溫室中培养番茄和黃瓜的幼苗。

例如，根据苏联国内貿易部的材料，在 6 万 5 千平方米的溫室总面积中有 2 千 6 百平方米的溫室已有了培养幼苗的人工光照設備，即占溫室面积的 4%，而根据俄罗斯国营农場部的材料是占了 5%。

培养幼苗的光源常常是用 300 瓦特的白熾电灯。設備的功率密度是每平方米使用面积 600—800 瓦特。灯裝置在可移动的頂灯上，它被一个电动机帶动，能在 2 米的範圍內以 2 厘米/秒的速度移动〔工程师 И. Н. 菲喀里什切因(И. Н. Финкельштейн)所設計的可移动性裝置〕。有些溫室农場里在可移动性裝置上使用 300 瓦特的反射灯(3Н-7 型)或是在不可移动的裝置中使用 30 瓦特的白光和日光螢光灯。使用螢光灯可以在每平方米使用面积上节省 290—360 瓦特的功率。

当計算螢光灯从电路中消耗的功率时應該注意到这些灯所标出的只是发光管所需要的功率。除此以外約有 20% 的功率要消耗在断电器里。因此 30 瓦特的螢光灯实际上要从电路中消耗 36 瓦特。

为了在 3 月和 4 月間收获黃瓜和番茄一般都是在 12 月和 1 月栽培幼苗。每天的人工照射要包括晚上的 8—10 个小时，这样整个光照時間(包括白天在內)才能不少于 16 个小时。在这种条件下經過 20—30 天后幼苗就長到只需利用天然光照来繼續栽培了。

假設在每平方米的面积上可以得到 100 株幼苗，而所消耗的功率是 360 瓦特/平方米，全部照射時間为 240 小时(30 天，每天 8 小时照射)，那末每培养 100 株幼苗就需要消耗 86 瓩小时的电能。如果每瓩小时的电费是 15 哥比，則增补人工照射的电费是每平方米 12 盧布 90 哥比，即每株幼苗需 13 哥比。

实践证明应用人工照射可以使成熟期提前 3—4 个星期,并且可以保证在比幼苗所占面积大 10 倍的面积上多收获 3 公斤产品。因此每增产 1 公斤番茄或黄瓜所需的电费只是 13 盧布:30=43 哥比。

如果要在 12 月、1 月和 2 月收获番茄和黄瓜,则需要消耗相当多的电能。

在结实时期培养植物时,日光灯的设备功率应当加大到不低于每平方米 540 瓦特。在 60 天内每晝夜 15 小时的增补照射共需消耗 488 瓩小时,这要化费 73 盧布 20 哥比。如果每平方米温室利用面积收获量是 5 公斤,那末仅是电费消耗一项就合到每公斤 15 盧布。如果在这个总数上再加上光照设备费、温室和供应的开支等,那末很明显,在目前电能和光照设备的价格下要在冬季培养黄瓜和番茄直到结实是无利可图的。

最近几年以内强大水电站的使用和组织光照设备的大规模生产会保证电能、灯和光照器材价格的进一步减低。

此外已经有了相当大的可能性来降低电能消耗。改善一般农业技术措施,使人工光照设备更加合理化及最好地利用温室天然光照都会降低电能消耗。在这种情况下不但冬季在温室里用增补人工照射来培养幼苗是合算的,并且培养番茄和黄瓜果实也是有利可图的。

关于植物天然和人工照射的计算问题

当计算植物的天然或人工照射时,都要考虑光流的两个基本特征:

- a) 光谱特征,即光量分布与波长的关系。
- 6) 空间特征,即叶子表面在不同位置时所受到的照度。

如所周知,叶绿素、胡萝卜素和绿叶原生质的吸收区域是在 300—700 毫微米之间(波长)。应该把这个对于植物有用的辐射和

不在綠色叶子內引起光化学作用的 0.7—5 微米的紅光和紅外線分別考虑。日光里几乎完全沒有 300 毫微米以下的紫外綫，在植物的人工光照中也不利用这些光綫。

因此，應該把对植物有用的光綫(300—700 毫微米)和紅色光綫分別計算和測量。以后有了足够大量数目的关于农作物叶子的光学性質的測量后，就將要确定关于植物对有用光綫的吸收和波長关系的平均数据，显然，將要合理地得出关于被綠色植物所吸收的条件光流的概念。

为了与其他光学技术計算和能量計算統一起見，最好是用莫什科夫(Б. С. Мошков)所提出的“每平方米上的瓦数”来作測量照度的單位。下面列出这种單位和其他常用單位的关系：

$$1 \text{ 尔格/平方厘米/秒} = 10^{-3} \text{ 瓦特/平方米}$$

$$1 \text{ 小卡/平方厘米/秒} = 41.8 \times 10^3 \text{ 瓦特/平方米}$$

$$1 \text{ 大卡/平方米/小时} = 1.16 \text{ 瓦特/平方米。}$$

在某一点上照度的空間特征最好用球面照度来表示，即用照度在以該点为圓心的无穷小球面上的分布来表示。在許多典型情形下球面照度的計算都是很簡單的。譬如点光源所产生的球面照度可用下式来計算：

$$E = E_{\max} \cos \varphi, \quad (1)$$

式中的 φ 为球面在該点的法綫和球面上与光源連綫之間所成的角度(其界限为 -90° 到 90°)。 E 为球面上該点的照度； E_{\max} 为正对着点光源的那一部分球面上的照度。

在无限小球面上照度的分布可以用作图来表示。可以用球心作为极座标的原点，沿着半徑用适当的尺度标出相应照度的大小。这些半徑端点所形成曲面所包圍的空間可以称为球面照度的光度体。

在如(1)式所示的点光源的照射情况下，球面照度的光度体是一个和球心相切的球。光度体被通过光源和无限小球面球心的平

面所切出的切面在图 1, *a* 中用粗实线表示。例如太阳（当不考虑天空和地面所产生的照度时）和用白炽灯照射植物时所发出的球面照度的分布就是这样的。

如果光源是一个均匀发光并向下照射的半球，则球面照度为：

$$E = E_{\max} \cos^2 \frac{\varphi}{2}, \quad (2)$$

式中的 φ 为球面在该点的法线和垂线之间所成的角（在 0° 和 180° 之间）。

在这种情况下球面照度的光度体便是一个用摆线围绕主轴而形成的旋转体（图 1, *b*）。厚度完全均匀的云层所形成的球面照度的分布就和上述情况相似（忽略地面的反射），一排水平排列日光灯在邻近点上所产生的球面照度也近似地和上述情况相似。

如果光源是均匀发光的球面，球面照度便在各个方向都相同，而球面照度的光度体便是一个球，其球心和无穷小球面的中心相重合（图 1, *c*）。阴天站在雪地里的孤立松树的树冠便是近似地处于这种情况下。球面照度在空间中某一点的分布可以用任何一种测量对植物有用的红外线照度或全辐射照度的仪器来测量。仪器的受光部分应该是平面的；当改变入射光和仪器受光面之间所成的角度时仪器的读数应该在最大可能的范围内和入射角的余弦成正比。为了读数方便和准确最好有一个特殊的支架，用它可以把仪器的受光面固定在一定位置（例如在水平面或两个垂直平面上每 45° 有一个固定位置，即受光面可以固定在 18 个点上）。

知道了球面照度就有可能去计算叶子在空间中任何位置上的照度。但是这种计算只能在这样一些很少见的情况下才可以应用，即当植物所有的叶子都处于一个平面上或是处于许多互相平行平面上的时候。

在大多数情况下植物并没有完善平面的形状，而是和水平面成许多不同的角度。因此在空间中某一点上照射的平均情况可以

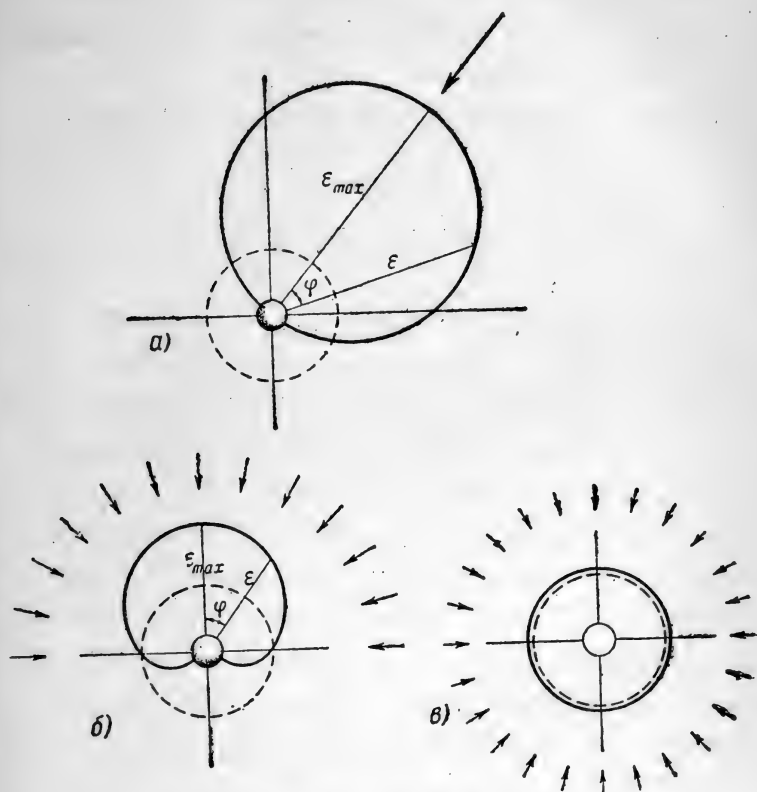


图 1. 在典型情况下无穷小圆球面上的照度分布

a) 点光源的照度 b) 向下半球的照度 c) 各方向均匀的照射

← 光照方向
 — 球面照度曲线
 平均球面照度曲线

确定为平均球面照度。

可以把在某一点上无限小假想球面上的平均照度称为在该点上的平均球面照度。

設:

r ——球的半徑; ds ——这球面上一小面积元; dw ——面积元 ds 在球心上所对的立体角; E ——面积元 ds 上的照度。

射在面积元 ds 的光通量为:

$$dF = E ds = r^2 E dw.$$

射在整个球面上的光通量为:

$$F = r^2 \iint 4\pi E dw.$$

平均球面照度:

$$E_0 = \frac{F}{4\pi r^2} = \frac{\iint 4\pi E dw}{4\pi}. \quad (3)$$

把(1)(2)两式中的球面照度值代入上式并积分,我們便得到在上述三种典型情况下最大照度和平均球面照度之間的关系:

a) 点光源:

$$E_0 = \frac{E_{\max}}{4},$$

即平均球面照度比与入射光垂直的平面上的照度小 3/4。

б) 均匀发光的向下半球

$$E_0 = \frac{E_{\max}}{2},$$

即平均球面照度比水平平面上的照度小 1/2。

в) 均匀发光的球面

$$E_0 = E,$$

即平均球面照度和任意平面上的照度相等。

为了計算日光灯所形成的球面照度, M. Г. 維特科夫提出下面的公式(图 2):

$$E_0 = \frac{B10^4 d}{4y} \left[\frac{\frac{b}{2} + x}{\sqrt{\left(\frac{b}{2} + x\right)^2 + y^2}} + \frac{\frac{b}{2} - x}{\sqrt{\left(\frac{b}{2} - x\right)^2 + y^2}} \right], \quad (4)$$

式中 E_0 ——在 A 点的平均球面照度 (瓦特/平方米); B ——比发光度“能量亮度” (瓦特/平方米·立体角); d ——灯管直径 (米); b ——灯管长度; x, y —— A 点的座标 (米)。

表 1 在不同照射条件下的水平照度和平均球面照度

照 射 条 件	照 度				
	测量单位	水平照度	平均球面照度		
			对植物有用的辐射	红外线	总 和
无云的 6 月正午	瓦特/平方米	870	97	141	238
	%	—	40	60	100
阴天的 6 月正午	瓦特/平方米	190	38	57	95
	%	—	40	60	100
距离 1 米的 300 瓦 带镜灯	瓦特/平方米	156	4	35	39
	%	—	11	89	100
10 个 ДС 型灯组 成的照明器, 30 瓦, 距离 0.2 米	瓦特/平方米	—	8	10	18
	%	—	44	56	100

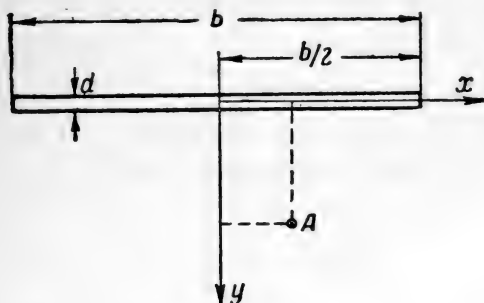


图 2. 日光灯所形成的平均球面辐射的计算图

表 1 中所列的是在莫斯科緯度上自然照射和一些人工光源的水平照度及平均球面照度的数值 (計算时曾假設天空是均匀发光的)。在图 3 中所列的是在不同的距离上由 ДС 型 30 瓦日光灯所产生的平均球面照度。在求几个灯同时作用下平均球面照度的数值时可以在照度图上找着相应点上的数值, 然后簡單加起来即可。

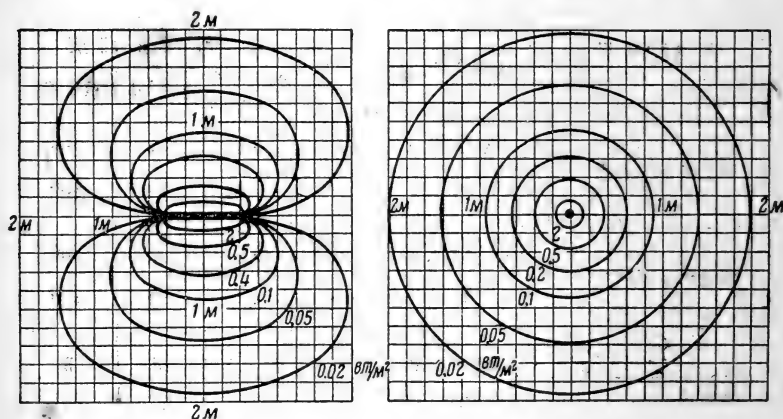


图 3. ДС 型 30 瓦日光灯产生的能被植物利用的球面照度

測量平均球面照度时可以用前面所說的測量方法, 即測量在水平面上和两个垂直面上每隔 45° 的球面照度分布, 然后从所得讀数中計算算术平均值。当粗糙測量时可以只測 6 次 (即在位于該点上立方体的 6 个面上各測 1 次)。

更方便的是利用能直接測出平均球面照度的仪器。为了測量全輻射的平均球面照度 (从 0.3 到 5 微米) 必須有一种仪器, 其感受部分 (热电池或 термистеры) 应均匀分布在一个不大的球面上。測量能被植物利用的平均球面照度 (由 0.3 到 0.7 微米) 时可以使用加有一个用磨沙乳色玻璃球体的有平面受光面仪器, 或者是使用球形的仪器。

建 議

为了保証在溫室中广泛地应用植物人工光照,必須:

1. 解决一系列和供給溫室农場以合理的光照設備相联系的問題。例如利用更强力的灯(60—80 瓦特)就可以减少日光灯和开关裝置的数目,这种灯應該在我們的工业中进行生产。在电站和电力工业部所属的一个工厂中已經作出了能使光强广泛分布的反射灯的实验样品,这种灯使我們能更好地利用白熾灯的光流。苏联农业部必須作出在溫室中植物光照設備的标准图样(用日光灯的和用白熾灯的)。

2. 提請溫室农場的工作人員注意按期清洁溫室玻璃的必要性,这会大大的减少增补照射的电能消耗。

3. 减低溫室人工光照中的灯、开关裝置和电能的价格。

4. 扩大和更深入地开展关于光譜組或与光强度对蔬菜收获的影响的研究,和关于綠色叶子的能量平衡及設計特殊測量仪器的研究。

5. 选定一些溫室农場作为植物人工光照的实验模范农場,保証給予它們必要的設備和科学机关熟練的帮助。

参 考 文 献

1. Евреннов М. Г. 1938. Применение электричества в сельском хозяйстве. Сельхозгиз.
2. Клешиин А. Ф. 1953. Теория и практика светокультуры растений. Труды Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, гл. VIII, вып. 1.
3. Максимов Н. А. 1925. Культура растений на электрическом свете и ее применение для семенного контроля и селекции. Научно-агрономический журнал, № 7—8.
4. Машков Б. С. 1953. Выращивание растений на искусственном освещении. Сельхозгиз.
5. Покровский Н. С. 1938. Расчет электрического освещения для выращивания растений на искусственном свете. Труды лаборатории светофизиологии Физ.-агрономич. ин-та ВАСХНИЛ, вып. 1.

[李賦鎬譯。作者: М. В. Соколов и С. В. Тагеева。
原題: Применение искусственного освещения для
выращивания растений в теплицах.]

論农作物对人工輻射的利用

B. M. 列曼

(莫斯科荣获列宁勳章的季米里亞捷夫农业科学院)

50 多年以前偉大的俄罗斯学者 克里蒙特·阿卡节維奇·季米里亞捷夫曾向植物生理学家們提出过一个任务——闡明射在叶子上的日光有多大一部分被叶子利用和吸收了。这个任务的解决对于在人工光照下培养植物來說更有重要意义。

1953 年召开的苏共中央委员会九月全体會議在农业面前提出了改善在全年中供給城市居民以新鮮菜蔬的任务。而苏联中部和北部地区溫室中完全不能使人滿意的光照情况在冬季就妨碍了这个任务的完成。

为了在冬季培养蔬菜和早春培养幼苗成功，对植物的光照就必须加長。

当应用植物光照栽培的方法时是利用了电灯的光能来在光合作用中制造有机物質。在这种情况下并不象在日光下所进行的光合作用那样在地球上創造出新的能量儲备来，而只是把能量的一种形式(电能，光能)轉变成了另一种形式(組成植物体的有机物的位能)。

因此，植物对于人工光照的利用率愈高，則在培养每公斤蔬菜中所消費的資料就愈少，而光照栽培在国民經济中就会得到更广泛的推广。

因此，研究植物对人工光照的利用不但在植物光生理学領域中的理論研究里有很大的意义，并且在解决一系列农业实践問題中也有极为重要的意义。

在溫室农場和实验机关中目前最通用的人工光源是这样两种：白熾灯和大家知道的称做“日光灯”的螢光管。

使用第一种的原因是应用起来較簡單并且成本低廉。第二种灯的优点在于它們所发出的輻射最接近于夏季白天的自然散射光，并且不会在被照植物中引起过热現象。

螢光管的这种性質使得不論是在冬季里溫室缺乏自然光照的情况下或是在完全沒有自然光照的房屋中，都可以利用它来培养任何植物，一直到結实为止。

1951年到1953年間我們在 И. И. 古納尔(И. И. Гунар)所领导的季米里亞捷夫农业科学院人工气候实验室中所进行的研究証明了植物吸收人工光照的完全性决定于所用灯的光譜組成和叶子的光学性質，叶子的这种光学性質又是在基本上决定于叶片的厚度和叶子中色素的濃度。

对于在日光下栽培的植物來說上述的規律性部分地可以在席道林(Сидорин)^[6,7]，席鮑尔德(Seyboldá)及其同事^[14]和拉賓諾維奇(Рабинович)^[5]等人的报告中所列举的材料里得到証实。

关于綠色叶子对自然光能的反射、透射和吸收作用的一般概念可以归結如下：1)落在叶子上的总日光輻射(积分輻射)中有25%被反射，約有同样多的光量从叶子中透过，被叶子所吸收的約有50%。2)对于可見光來說情况和上述的不同——反射和透射光共占去入射光的20%(每种过程約占10%)，而被吸收的部分增为80%，吸收部分的比例在440和660毫微米的区域中达到最大值。

在以上两种情况下都可以用下面的簡單公式来計算被叶子吸收了的光能^[1,6,13]。

$$A = 100 - (T + R),$$

式中 A ——被叶子吸收的光能占入射光能的百分比，

T ——透射光能占入射光能的百分比，

R ——反射光能占入射光能的百分比,

T 和 R 是用实验来测定的, A 则用上述的公式来计算。

直到最近为止都是简单地把叶子紧放在辐射接受器的上面来测定 T 的数值的^[2,4,6]。

测量全辐射(积分辐射)是用能感受 400 到 4,000 毫微米波长的辐射强度计(пиранометр)来作接受器的。测量可见光到现在为止在大多数情况下仍是使用硒光电池。这种接受器的选择性使得当用它来测不同光谱组成的辐射时不能得到绝对正确的结果。但是既然直到现在为止还没有一种接受器对于可见光各个谱段的辐射是同样敏感的,所以还是不得不用硒光电池。

在光照栽培的情况下测量叶子的 R 值(反射百分比)要复杂得多。

在室外测量叶子的反射辐射时可以用反射率测定器(альбедометр)或者是利用卡利琴氏仪器(прибор Калитина)^[2]。在这种情况下光源——太阳——是位于距仪器无穷远的地方,而仪器是被直射日光或散射日光均匀的照射着。

在光照栽培的情况下光源到叶子之间的距离是由 20 厘米到 100—150 厘米,所以在田间条件下应用的方法在这里就不能应用了。

在实验室的方法中利用了一系列的反射镜,把它们和分光光度计或是和单色光源配合起来就可以测出单色光线在对于某一个入射角(例如 45°)的 R 值。在这种情况下所测量到的并不是叶子反射光能的全值,而只是它的一定的部分。全反射率则要根据公式来计算,这个公式是根据假设叶子是理想的粗糙表面,其反射遵从郎别尔特(Ламберт)定律^[1]而推导出来的。

要系统的测量不脱离植物的叶子的 T 值和 R 值时最好是利用一种不大的光计度小球,这种小球在光学技术上被叫做乌里布利赫特球面(сфера Ульбрихта),这是大家熟知的一个仪器。

當測量 R 和 T 值時我們用一個不大的白熾燈作為光源，它在 12 伏特電壓下的功率是 50 瓦特。它的電流是經過電壓穩定器和自動變壓器來供給的，這些可以保證它的工作情況穩定不變。

燈裝置在光具座的一端，光綫經過一些金屬光欄 ($d=30$ 毫米) 和一個雙凸透鏡 ($d=70$ 毫米, $f=125$ 毫米) 之後落在一個光度計球上，這個球放在同一個光具座上並且正位於白熾燈所發光流的光軸上。球是用銅製成，它的裡面塗了一層氧化鎂，而外面塗着黑色糙面的顏料。球上面有三個孔：有兩個正在光軸上，位於球的兩側，並且兩個孔正相對着。第三個孔在球的上面，和光軸成 90° 角。每個孔的直徑都是 30 毫米。上面的一個孔是供接受器用的（光電池或輻射強度計），並且用一個塗着氧化鎂的圓形金屬屏來把它和兩側的孔（入射孔）隔開。

接受器在球孔里的位置要嚴格地固定起來，並且把它和鏡式檢流計相連，用一個並聯分路來改變檢流計的靈敏度。球是安裝在一個垂直的軸上，可以繞軸旋轉 180° ，而旋轉時球的位置是嚴格不變的。

實驗用的植物就安置在球的附近，不需要把任何一個葉子從莖上取下來就可以測定它的透射輻射和反射輻射。整個儀器和被研究的植物都是放在暗室里。另一種照明光源是由六個緊密相鄰的 ДС 型日光燈組成，在它的後面裝一個白紙板作成的屏。

測量的步驟如下。

1) 透射 測量穿透葉子光能的百分比時首先要用透鏡來把入射光綫聚焦，使得光欄可以在球的前壁上形成一個不大的圓形的象。在這種情況下使鏡式檢流計的讀數為 100。

然後在光路上放置實驗用的葉子，把它的上面對着光綫射入的方向，這時記錄檢流計的第二次示數。為了不讓葉子皺起來有一個特制的夾子把它固定在球外面的一個垂直小面上，這個夾子和顯微鏡台上的夾子很相象。

第二次測量結果相對於第一次結果的百分比就表示出入射光的多大一部分是由葉子中透過去了(用的是相對單位)。測量應該重複 8—10 次。

為了把紅外線分離出去可以用 6% 的 CuSO_4 溶液或是用莫爾鹽(соли Мора)的飽和溶液。

2) 反射 為了測出同一個葉子的反射率(剛才測過透射率的那個葉子)我們進行實驗如下:把球繞垂直軸旋轉 180° , 從後面的小孔上(現在放在前面了)取下塗有氧化鋇的孔門,把它放在接受片上,然後把光欄孔的象聚焦在它上面而形成一個圓點。取這時檢流計的讀數為 100。然後把實驗用的葉子放在氧化鋇片的位置上,在它的下面墊兩層黑色照象紙。葉子是和測量透射時一樣地用夾子夾住。這時候檢流計的讀數就相當於葉子反射光能的百分比。

用對照測量的方法可以證明外來的未經聚焦的散射光線不超過被測光線的百分之一。測量的精密度在 0.25 到 0.01% 之間。測量不要超過 1—2 分鐘。在這個時間之內葉綠體的配置還不會發生顯著的變化。根據散得爾和卡普費爾脫(Schander a. Kaempfert)^[12], 拉賓諾維奇^[5]和其他著者的觀察,在強烈的光照下葉綠體的位置會在 10—40 分鐘之內發生顯著的變化,而這種強光照在我們的實驗里是沒有的。我們所用的光照強度是由 300 到 3,000 勒克司。測量時間的短促也不會引起光電池的疲乏。

植物的葉子是屬於所謂混濁介質的,只有在十分謹慎的情況下才可以把它的光學性質看成和濾光器——一種具有選擇吸收性的物體——一樣。但是如果終歸作了這樣的假設的話就可以十分簡單的解釋在不同的照射條件下葉子的透射性和反射性為什麼會不同的。

從葉子透射的光能決定於它的厚度和光學濃度,在我們的情況中光學濃度決定於色素的濃度。我們在下面就會看到同一年齡

的同一种作物的叶子如果是在不同光譜組成的照射下長大的，則它們的叶片厚度和色素濃度也就会是不同的。

輻射的反射也和色素的濃度有关，即和叶子的顏色有关。

下面所介紹的測量和分析的結果是由同一年齡和同一層中的植物叶子上得到的，它們是在相同的土壤营养、溫度和空气湿度条件下栽培起来的，并且每晝夜中的光照時間和輻射的生理强度也是一样的。

唯一的区别就是在于光譜組成。在一个情况下作为光源的是白熾灯 (ЛН 型)，在另一个情况下用的是日光灯 (ДС 型)。所用的日光灯是 ДС 型，每一个的功率是 30 瓦特。

在大多数情况下，在营养盆里用土壤栽培的方法所培养的植物都是被培养到生長期的最后，即直到果实和种子成熟为止。

各种灯的輻射对植物所产生的影响的研究曾在一年中不同的时期和在生理輻射不同的强度下进行过(从 25 到 35 千尔格/平方厘米/秒)。对照植物是在自然光照下在溫室里培养的。

測得的不同光源的总輻射在綠色叶子中的透射性如表 1。

表 1 不同光源的总輻射在綠色叶子中的穿透性
(与入射輻射的百分比)

作物	光源	
	ЛН	ДС
无纖維蔘克薩菜豆, 單叶	34.5	13.3
无纖維蔘克薩菜豆, 第 2 眞叶	27.1	7.0
保加利亞辣椒, 第 7 叶	25.0	4.3
保加利亞茄子, 第 8 叶	22.6	5.2
葡萄秧 107 号, 第 12 叶	20.6	7.0
天竺葵——第 10 叶	19.0	2.7

上述的数据说明在任何情况下叶子透射度最小的植物都是在 ДС 型日光灯下面长成的。白炽灯辐射的穿透性要比日光灯强 2—5 倍。总散射日光在温室植物叶子中的穿透性和 ЛН 型灯相差不多。

当测量可见光的穿透性时也得到相同的结果(表 2)。

表 2 不同光源的可见光在绿色叶子中的穿透性
(与入射能量的百分比)

作 物	光 源	
	ЛН	ДС
无纤维萨克萨菜豆, 单叶	9.5	6.0
无纤维萨克萨菜豆, 第 2 真叶	10.3	8.7
保加利亚辣椒	11.5	2.8
保加利亚茄子	6.0	2.0
天竺葵	11.8	8.3

在相同强度的生理辐射下, 在日光灯下面生长起来并被日光灯照射着的绿色叶子所允许穿过的可见光要比 ЛН 型灯照射下的叶子少得多(约少 30—80%)。

在不同实验处理下植物叶片上表面对可见光的反射是差别比较小的(表 3)。

表 3 在不同型灯下培养的植物对于可见光的穿透率(T),
反射率(R)和吸收率(A)(与入射光的百分比)

作 物	光 源						
	ДС			ЛН			A—A
	T	R	A	T	R	A	ДС ЛН
良种番茄	4.3	7.0	89.7	7.7	10.0	82.3	7.4
无纤维萨克萨菜豆, 单叶	6.1	14.1	79.8	13.0	15.8	71.2	8.6
无纤维萨克萨菜豆, 第 1 叶	10.3	12.5	77.2	13.6	13.8	72.6	4.6
第 1 号甘蓝	10.3	14.3	75.6	15.1	17.8	67.1	8.5
天竺葵	8.4	14.7	77.0	11.8	16.6	71.6	5.4

比較两种处理下的 T 值和 R 值就可以注意到輻射透射率(T)的差別比較大,而反射率(R)的差別要小得多。

A 值的計算指出 JH 型灯和 $ДC$ 型灯的差別在 5—9% 之間。

以上的測量仅仅是所提出問題的初步解决,因为正象已經看到的,叶子对于光度学測量來說是一个极为复杂的对象。

叶子的解剖構造

植物的叶片厚度不但和輻射强度有关,并且和光譜組成有关。

从表 4 中可以看出在白熾灯光下和日光灯下培养的植物在叶片厚度上是有很大差別的。

表 4 在不同人工光源下培养的植物叶片厚度(微米)

作物	光源	
	JH	$ДC$
良种番茄	192	242
无纖維薩克薩菜豆,單叶	170	226
无纖維薩克薩菜豆,第 1 叶	95	136
薩克薩四季蘿卜	152	238
保加利亞辣椒	162	191
保加利亞茄子	158	199
白妇人紫蘿蘭	294	333
維什凱繡球花	267	278

在相同的生理輻射强度下,在日光灯下面長成的叶子厚度为在白熾灯下長成的叶子厚度的 1.1—1.5 倍。

$ДC$ 型灯处理下的叶片組織的特点就是細胞分布的最大区化和分布的紧密。在这些叶子里,气室和柵狀薄壁組織的个别細胞之間間隙要小得多。在 $ДC$ 型灯的处理下柵狀薄壁組織的細胞

高度比起 ЛН 型灯处理下的細胞高度来在番茄里要大过7%, 在辣椒里大过 20%, 在茄子和菜豆里大过 19%, 而在四季蘿卜和紫蘿蘭里大过 83—89%。

在測量海綿薄壁組織的細胞高度时也看到同样的情形。在 ДС 型灯的处理下海綿薄壁組織的細胞高度比起 ЛН 型灯处理下的海綿薄壁組織的細胞高度来在番茄里是大过 40%, 在茄子里大过 45%, 在菜豆和四季蘿卜里大过 50%。

表 5 不同光源的人工照射对于每平方厘米新鮮叶子重量的影响

作 物	ЛН		ДС	
	毫克/平方厘米	%	毫克/平方厘米	%
良种番茄	11.7	100	19.8	169
莫斯科温床莴苣	7.9	100	11.7	148
无纖維薩克薩菜豆	7.9	100	13.3	168
保加利亞辣椒	16.0	100	20.2	126
柳切斯琴斯—62号小麦	10.1	100	13.1	130
白妇人紫蘿蘭	24.3	100	28.7	118
保加利亞茄子	13.4	100	17.9	134

上面所說的在不同处理下植物叶內組織密度的不同可以由測定單位面积叶子重量的数据加以証实。由表 5 中可以看出最大的單位面积叶片重量是在 ДС 型灯的处理下观察到的。

显然, 厚度愈大的叶片透射光能就愈小, 即吸收光能愈多。

綠色叶子中的色素含量

植物叶子对于光能的透射和反射在很大的程度上是和叶子中的色素濃度有关的。叶綠素和胡蘿卜素愈濃則叶子的光学密度愈大, 因而相应地, 对光能的吸收强度愈大。

对于在日光下栽培的植物的上述規律是由席道林^[6]，席鮑尔德^[13]，拉宾諾維奇^[5]及其他研究者所发现的。

关于在人工光照下培养的植物叶子里的色素含量只有很少的实驗結果。多数研究者只能指出在日光灯下面的叶子比起在白熾灯下面的叶子顏色要暗一些，这是由于它們含有較多的叶綠素。

关于用光照栽培方法所培养的植物叶子中胡蘿卜素含量問題的材料在文献里还是沒有的。

对于番茄、萵苣、四季蘿卜和其他保护地作物的叶子中叶綠素含量的大量測定指出，在日光灯下培养的植物具有最高的叶綠素濃度(表 6)。

表 6 在不同人工光源所培养的植物叶子中的叶綠素含量

作 物	光 源			
	ЛН		ЛС	
	毫克/100 平方厘米	%	毫克/100 平方厘米	%
良种番茄	11.1	100	21.8	196
莫斯科温床萵苣	5.6	100	14.9	270
无纖維薩克薩菜豆	6.9	100	12.7	184
薩克薩四季蘿卜	12.4	100	18.0	150
保加利亞辣椒	11.3	100	28.4	269
柳切斯琴斯—62 号小麦	17.0	100	25.0	147
白妇人紫蘿蘭	21.8	100	25.0	115

在 ЛС 型灯处理下的各种作物在每 100 平方厘米叶面上所含有的叶綠素量約为 13 到 28 毫克，这大約是 ЛН 型灯处理下的叶綠素含量(取为 100%) 的 115% 到 270%。

在溫室里不用增补光照所培养的对照植物叶子中，冬季的叶

綠素含量与在 JIH 型灯处理下叶子中的叶綠素濃度之比是40%到70%之間,在夏季則約为 150%,即比在日光灯下所培养的植物叶子要少一些。

除了叶綠素以外,在同样的叶子里还测定了胡蘿卜素和叶黃素的含量(表7)。

表 7 在不同人工光源下所培养的植物叶子中类胡蘿卜素的含量

作 物	光 源			
	JIH		JIC	
	毫克/100 平方厘米	%	毫克/100 平方厘米	%
良种番茄	0.458	100	0.813	177
莫斯科温床莴苣	0.120	100	0.390	325
无纖維薩克薩菜豆	0.305	100	0.461	151
薩克薩四季蘿卜	1.081	100	1.430	132
保加利亞辣椒	0.297	100	0.599	202
柳切斯琴斯—62 号小麦	0.513	100	0.797	155
白妇人紫蘿蘭	0.876	100	1.045	119

类似胡蘿卜素的总含量是在 JIC 型灯处理的植物叶子中最大。如与 JIH 型灯处理下的含量相比較(取为 100%)則在不同的植物中达到 120% 到 325%。

在沒有增补光照的情况下所培养的植物中,虽然冬季的光照情况不好,但是它們的类胡蘿卜素含量和 JIH 型处理下的含量没有什么区别。

在夏季对照植物中的类胡蘿卜素含量几乎和在日光灯培养下的植物相同。

在日光灯下培养的植物叶子中的色素含量比夏季在溫室里所培养的植物要高的这个事实,看起来可以解釋为是由于在 JIC 型

日光灯的輻射中主要成分是短波輻射。

輻射的吸收在相当大的程度上是和叶子与入射光流的相对位置有关。如果光綫是由上面射到叶片上的，則吸收率要比射到叶片下表面时的吸收率約大 10%。这个原因首先是大多数植物叶子的下面要比上面光亮得多。因此从下表面反射的光能要比从上表面反射的多 10% 到 12%。

在莫斯和洛密司(Moss a. Loomis)^[10]的工作中我們也找着类似的結果，这些結果指出楊树叶子下表面的反射率要比上表面高 15%。

光能在叶子里的透射同样也看入射光綫首先碰到的是什么組織而定。如果光綫是由上面射到叶子上的，則它首先遇到的是栅狀薄壁組織，然后是海綿薄壁組織，那末透射的光能要比相反方向的光綫少 2—3%。

在第一种和第二种情况下吸收率的不同是和培养条件无关的。在表 8 中所列的是对在人工光照条件下培养的叶子菜豆和在沒有增补光照的溫室中取来的叶子(абутилон、常春藤、秋海棠)进行測量的結果。

前面已經談到，利用积分球面就可以不用把叶子从植物上面拿下来而測定它的透射能力和反射能力。

已經进行过的观察說明叶子的光学性質是随着生長而变化的。这种变化可能是由于叶子里叶綠素和其他色素含量的变化而引起的。

随着叶子的衰老它对光能的吸收能力也減低了。这个变化过程的速度对于在不同光照条件下培养的叶子來說都是不同的。

在日光灯下吸收能力的降低要比在白熾灯下面慢。菜豆的叶子就是一个例子(图 1)。

在日光灯下生長的植物的第 2 真叶在 20 天内(从生長期的第 8 天到第 28 天)吸收能力总共減少了 6.5% (从 82% 降到 75.5%)。

如果是在白熾灯下面則同样的叶子在同样的期限内吸收光的能力要降低得快得多。在生長期的第8天它还是和 ДС 型灯处理下的差不多而达到 79.5%。但是經過 20 天以后吸收强度就降到 60%，即降低了 19.5%，为 ДС 型灯处理下的 3 倍。在菜豆的單叶里这种差别还要显著：在 ДС 型灯处理下降低 9%，而在 ЛН 型灯处理下降低 28%。

因此，在 ДС 型灯处理下的叶子就能在較長的时期內維持較高水平的工作能力，相应地这就会一般地促成更大的有机物积蓄，而在特殊情况下就会促成更大的收获量。

如果把各种叶子的吸光能力和叶子中所进行的光合作用的强度来对照一下，就会发现吸收强度愈大則光合作用的强度也愈大(表 8)。

同一种作物的同一个生長齡的叶子，如果所受到的光能强度都一样(以尔格/平方厘米/秒計)，其他的条件也都相同，則它們从空气中吸收二氧化碳的能力在日光灯下面为在白熾灯下面的 $1\frac{1}{2}$ 倍到 2 倍。

上面所引的关于在日光灯下培养

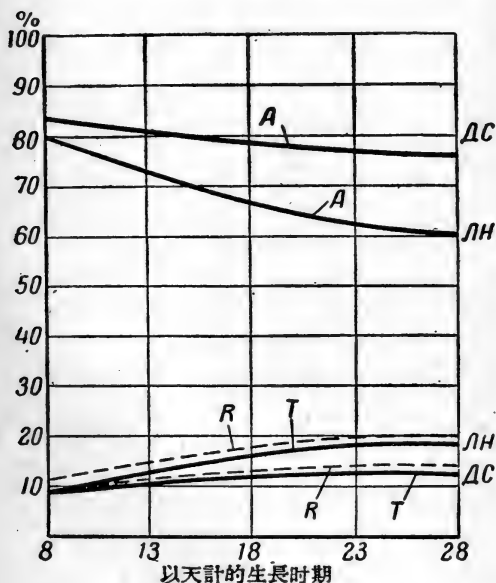


图 1. 菜豆叶子在不同的生長期中对于可見光的透射率(T), 反射率(R)和吸收率(A) (与入射光的百分比)

ЛН——白熾灯 ДС——日光灯

表 8 照射叶的上面(A_B)和下面(A_H)时叶对于可見光的吸收率
(与入射光的百分比)

作 物	A_B	A_H	$A_B - A_H$
菜豆, 單叶.....	68.9	54.6	14.3
菜豆, 第 1 叶.....	80.0	68.2	11.8
菜豆, 第 2 叶.....	79.6	69.7	9.9
菜豆, 第 3 叶.....	75.5	63.8	11.7
Абутилон	76.3	70.4	5.9
常 春 藤.....	87.9	76.4	11.5
秋 海 棠.....	83.7	63.5	20.2

的叶子对光能的利用率比在白熾灯下培养的叶子要高的結果还可以說明这样一个事实, 即在 ДС 型灯处理下所得到的植物总是有比較大的乾重和較高的收获量 (2—3 倍)。

表 9 在各种人工光照下所培养的叶子的光合作用
(單位: 毫克 CO_2 /100 平方厘米/小时)

作 物	光 照 种 类	
	ЛН	ДС
良种番茄	8.4—12.6	18.0—19.5
无纖維薩克薩菜豆	8.3—10.1	16.3—27.5
第 1 号甘藍	1.0—7.4	8.0—11.4
薩克薩四季蘿卜	2.7—3.0	4.2—5.0

我們所引用的对綠色叶子光学性質測定的初步材料說明这些性質和植物的生存条件有关 (輻射的强度和光譜組成), 在个体发育的过程中它們在变化着, 并且和光合作用强度直接联系着——因而也和收获量密切联系着。

参考文献

1. Ильина А. А. 1947, ЖФХ, т. 21, в. 2, 145—159.
2. Калитин Н. Н. 1931, ЖРБО, № 1.
3. Калитин Н. Н. 1941. Экспериментальная ботаника, 5, 46—54.
4. Макаревский Н. Н. 1938. Труды лаборатории свето-физиологии, в. 1, 111—119.
5. Рабинович Е. 1953. Фотосинтез, 81—148.
6. Сидорин М. И. 1950, Бот. журнал СССР, т. 35, № 1, 29—39.
7. Сидорин М. И. 1952, Бот. журнал СССР, т. 37, № 6, 781—797.
8. Тимирязев К. А. 1937. Сочинения, т. 1, 391—445.
9. Тиходеев П. М. 1936. Световые измерения в светотехнике, 364—377.
10. Moss R. A. a. Loomis W. E. 1952. Plant Physiology, v. 27, № 2, 370—391.
11. Rabideau G. S., French C. S. a. Holt A. S. 1946. Amer. Jour. Bot., 33, 769—777.
12. Schander H. a. Kaempfert W. 1933, Planta, 18, 700—750.
13. Seybold A. Planta, 16, 1932, 195; 18, 1932, 479; 20, 1933, 577; 21, 1933, 251.
14. Seybold A. a. Weissweiler A. 1942, Bot. Archiv., 43, 252—290; 1942, 44, 102—153; 1943, 44, 456—580.

[李賦鎬譯. 作者: В. М. Леман. 原題: Об использовании искусственной радиации сельскохозяйственными растениями.]

在植物栽培中光生理学研究的基本任务¹⁾

Б. С. 莫什科夫

(全苏列宁农业科学院农业物理研究所)

К. А. 季米里亞捷夫曾經說過：“未必有另一种在地面上发生的过程，能够比起在日光照射下的綠色叶子内部所进行的这种远未被研究清楚的过程，更值得引起这样广泛的注意了。从化学的观点来看，这是一个把无机物二氧化碳和水轉变成成为有机物的过程。从物理的和动力学的观点来看这是一个把日光的活力轉变成成为化学压势和功儲备的过程。从这种或另一种观点看来，这个过程归根到底是关系着我們这个行星上的一切生命現象，因而也关系着全体人类的物質福利。”显然，正是这个过程，它既决定着植物的外形，也决定着植物内部的、生理的状态。但是到现在为止关于光在个别生物过程中的作用我們只掌握一些片断的、互相矛盾的、表面的材料。为了說明这一点我們只要注意一下 С. П. 科斯蒂切夫所著的植物生理教科書，并且可以看一看例如关于光譜組成对于植物生命的意义这个問題它說些什么就足够了。只有在关于光譜組成对于植物气体交换的意义方面它才引用了較多的材料。在同一本 С. П. 科斯蒂切夫的教科書里，在溫特(Вент)所写的关于生長的一章里就这样承認：“对于在光作用和类型(植物——作者)变化之間的联系的理解在現在几乎还是假想的。”

至于光在其他生理过程的作用方面的研究也并不更好一些。

-
- 1) 編輯部不能贊同 Б. С. 莫什科夫所作出的关于黃光和綠光对于各种植物有无疑的优越性的这个結論，因为作者并没有証明在紅-橙、黃-綠、藍-紫光中的生理有效輻射的等同性这样一个基本出发点。

关于藍光和紅光对于蒸发,对于叶上呼吸孔的运动,对于原生質的滲透性和种子出芽等等的影響还是只有一些片断的知識。但是这些知識都帶有偶然性,沒有得到系統化。

自从科斯蒂切夫的教科書出版以后的 20 年以来,我們关于光譜組成对于植物生命的影响的知識並沒有深入一步。不仅这样,甚至于在象植物发育这样在近年中曾被广泛研究过的生理学部門中,到現在为止,还是被显然錯誤的克列勃斯(Клебс)的关于紅光和藍光在植物从生長到繁殖的过渡中的作用的观点統治着。造成这个情况的原因就是对于作为植物生活一項基本因素的光研究得太少并且研究得不好。研究得少的原因是生物学家害怕这些方法的复杂性和害怕整个光生理学問題中的困难。

看起来光生理学研究发展很慢的最主要的原因就是在植物栽培的实践中有这样一个根深蒂固的观点,認為光在自然界中是綽綽足够的,控制光是困难或是不可能的,况且还有更迫切的問題需要研究呢。但是現在已經出現出在冬季不足的光照下在溫室里栽培植物的实际需要,出現了应用人工光照的必要性,在这个时候我們的科学对于解决这些問題就显得沒有准备了。

但是正是在現在,由于出現了建立一定的人工光照制度和用最低限度的电能消耗来培养植物的实际必要性,因而关于植物最好地利用光的規律的研究就應該大大地向前跨进。

有趣的是关于光照强度对于植物的意义的第一个科学观念是和建立合理化森林学相联系的,由于不同树种的栽植密度不同,在單位面积上所得到的不同材質的木材产量也不同,在这些树种中一部分被称为阳性树,而另一部分被称为阴性树。植物栽培的實踐也引起了发现光对植物作用的另一方面,这叫做光照周期性。光照周期性最早是在观察某些植物在不同地理緯度的行为时发现的,而后来是被从事在溫床上和溫室中培养植物的一些植物学家和农学家用实验証明了的。

光照强度,每晝夜中的光照時間(光照周期性)和光流的光譜組成,这是統一因素——光能——在植物上所产生作用的三个方面。这个因素在农业生产和农艺学中起着十分重要的作用。B.P. 威廉斯就曾把农业的基本任务規定为把太阳的光能轉变为有机体的势能和化学能。他不止一次的指出,农业生产的基本任务就是把日光的动能改造成为势能。

季米里亞捷夫和威廉斯的特点就是把植物进行光合作用的能力和它們的生产率及最后收获量联系起来。他們把光合作用理解为由于太阳的光能而从无机元素中制造有机物質的全部过程。目前最流行的光合作用的概念是否和这个唯一正确的定义相符合呢?不,很可惜,有时候是不相符合的。正相反,現在認為在光合作用和最后收获量之間并无直接联系的这一种显然錯誤的概念却愈来愈根深蒂固了。虽然植物和周圍介質之間的气体交換也是光合作用的一个重要方面,但是无疑的,它并不能規定光合作用的全部。或者还可能有一些并不次要或者更重要些的过程也决定着全部的由死物質合成活物質的作用。不可能把对这样一个最重要的生物現象的研究仅仅归結为研究气体交換。愈来愈多的材料說明进行得最好的光合作用和植物的最高产量往往是要要求着不同的有时甚至是相反的条件,这些不都是关于上述問題的証据嗎?

可能有人会提出这样的反对意見,即对光合作用这样广泛的解釋会包括了植物的一切生命活动,但是实际上不是这样的,因为把綠色植物和动物界明显区别开来的光合作用能力是植物生活中最重要的特点。整个它的生活都遵从在光能的帮助下由无机元素制造自己身体的能力。所以光合作用是一个由許多个別过程組成的复杂而多方面的現象,气体交換作为光合作用的許多重要过程之一是必須的和重要的,但是不是光合作用的唯一組成。不能用沉默来回避这个問題,因为把气体交換和光合作用的混同如果成为广泛的理解那就会在光生理学的发展道路上引起許多不如意的

困难。

首先正是由于这种观念才使得直到现在为止还没有进行什么工作来解释气体交换在植物质量积累和因而也是在植物收获中所起的真正作用。所以决定植物最多地分解二氧化碳的条件就被误认为是植物生活的最好条件，虽然这个看法和许多事实是相矛盾的。最后，有许多研究者虽然完全有根据的认为光合作用是一个最有兴趣和最重要的生物学问题，但是在他们的工作中事实上都只用对一个特殊的和光合作用伴生的过程——植物和外界的气体交换——的解释来代替了这个研究，而把注意力从研究决定植物真正产量的生理过程上挪开了。

解释植物在光照及其他条件下的需求的最好方法就是要把它们在所研究的条件下进行栽培。应该尽可能多地用活的植物进行实验，力求在它们的生活过程中去研究个别生理过程。

生物物理学在实现这样的研究中有很重要的作用，在每一个用活植物所作的实验中最重要的一方面就是重新建立研究时所要求的一定的物理条件，困难问题中的一个就是在不同的光流强度下造成一定的单色或近单色照射条件。为了使进行实验时的条件不变还必须用适当的自动控制仪器来加以严格的控制。在为了这些目的所需的仪器中有些可以取用技术上的成品，但是有许多还需要创造出来。

为了研究出和制造出能够最精确地控制象在各种光谱区域中的光流功能等因素的第一个仪器样本，需要付出许多的时间和关心。但是生物物理学在创造出能用的研究活植物中所进行的个别生理过程的新方法中应当起特别重要的作用。完全必须学会去调节 CO_2 的吸收、呼吸作用、蒸腾作用、生长、生长运动等等。到现在为止还没有使人满意的控制植物吸收光能数量的精确方法。许多种对于这个重要现象的定量测定方法都远不能使人满意，因为它们都完全没有估计到植物对光能的真反射和散射。

完全有必要来对不同植物上各种活的叶子的光学特征进行認真的研究，有一切根据可以預料在这种研究中会在不同的植物上得到不同的叶子光学特征。除此以外还可以指出，即使同一种植物由于培养时的光学条件不同，也会有不同的光学特征的。

我們的实验結果証明，植物对光流中不同的光譜成分有着不同的需求。实验的裝置是很簡單的：光譜的可見区被分成了三部分：紅-橙区，黃-綠区和藍-紫区。紅-橙部分是从白熾灯的光流中分濾出来的，而黃-綠和藍-紫部分是水銀石英灯中分离出来的。

照射裝置輻射的光譜組成如下：

在紅-橙区波長是由 600 毫微米到紅外綫；在紅外綫区波長到 900—1,000 毫微米；在黃-綠区波長是 546 毫微米和 577 毫微米；在藍-紫区波長是 405, 436 和 492 毫微米。

从光譜中濾出紅-橙区所用的是玻璃濾光片，它能够允許通过 600 毫微米以上波長的光能。为了分离出水銀石英灯灯光的可見光部分使用了下列的濾光器：几乎不透藍光和紫光的黃色濾光器和全部吸收光譜中黃綠部分的藍色濾光器。用两个或三个黃色玻璃就可以消除全部的藍-紫光綫。为了消除紅外綫可以在有色玻璃上面放一些水，而要消除紫外綫时可以用好的窗玻璃。在一切濾光器中水的溫度都同样的在 $+40^{\circ}$ 到 $+45^{\circ}\text{C}$ 之間。可以借一个輻射强度計的帮助而在植物頂冠高度上保持一定的光流功率。

为了补偿由于要把紅外綫(到 1,000 毫微米)通过水而引起紅-橙光强度的减少起見，在紅橙光的照射裝置里光流的功率比起別种顏色的照射裝置(黃-綠和藍-紫)要大一倍。这种裝置的光流面积較小 (0.25 平方米)，不能允許种植很多株植物。往往在每一个这样的裝置里到实验的末尾时只能剩下 3 棵植物，有时只有 2 棵。許多种不同的植物都曾被用来作为研究的对象。在这个报告中所引用的是用棉花、菜豆、黃瓜、紫苏和落地生根所作出的实验結果。

在紅-橙光条件下培养出来的棉株的外形說明它們是缺乏一

般光照量的：莖伸長而叶片不发达。在这一类的全部 3 株植物中只有 2 个真叶，这说明发育是很慢的。显然紅-橙光并不能妨碍棉花植株节間長度的伸長，但是它阻碍叶片的正常发育，这就引起对光感受量的减少。子叶下軸和第一节間的伸長比起第二节多，这说明前者的生長是取之于种子中的积蓄。这些植物和黄化現象的相似还表現在它們的莖都是纖細的，而由于机械纖維发育的不足它們很容易在自己的重量作用下弯曲，并且整个植株特别是叶子的顏色都是很淺的。

在黃-綠光照射条件下生長的棉花植株看起来完全是正常的。它們达到有 6 个完全发育的叶子，叶片大而且形狀良好。它們的顏色是綠色甚至于是深綠色。节間長度的发育正常，只有子叶下軸有些伸長。植物生長得这样好以至于在生長期的第 20 天就不得不把第 3 棵植株移走，显然在光譜中缺乏紅-橙光和藍-紫光并不影响棉花最初 25 天的生活，反过来去掉黃光和綠光就会引起棉花的不正常发育，有可能綠色色素对黃光和綠光吸收性的若干减少被叶片面积的較大抵消掉了。

在只有藍光和紫光的裝置里棉花徒長得非常厉害，当它只有 4 个真叶时就已經長到了最大高度，叶片的大小介于以上两种植物之間。它們比在紅-橙光下栽培的植物叶子大，而比在黃-綠光下栽培的棉花叶子小。这种植物的顏色是最深的。

根据我們的实验結果，对于棉花最有利的就是黃-綠光，它是由两种光譜段組成的：綠光(波長 577 毫微米)和黃光(波長 546 毫微米)。曾經在同样的三种光照裝置中的土箱里种植了聶洛西姆黃瓜，并且在每一个土箱里都留下 3 棵植株。在紅-橙光的作用下黃瓜幼株的子叶下軸剧烈生長，長度达到 10—12 厘米。叶子的发育是很慢的：在两周以后只出現了大小微不足道的一个叶子。植物的顏色很淺，整个植株好象是黄化了。

在黃綠光下面黃瓜的幼苗表現出矮生性和着地性，有着发育

得很好的叶子,其中两个已完全开放,而第三个也在开始开放。

在藍-紫光下面黃瓜植株的子叶下軸的生長并不比在紅-橙光下面慢,而叶子的发育几乎和得到黃-綠光的植物一样好。在这种实验中最有兴趣的结果就是在黃-綠光下面黃瓜生長的特性。虽然光流的功能很少(全部只有 20 瓦特/平方米),在黃瓜植株并未观察到陡長的象征,相反它們看起来就和在强烈日光下的植物一样。把这些事实加以比較就可以断定植物的伸長不能仅用光照强度的微弱来解釋,而主要的是在光流中缺少一定的光譜成分。在我們的情况下这就是黃光和綠光,也可能是其中的一种。棉花植株和黃瓜植株一样,当它們是在較弱的黃光和綠光下培养时假如完全缺乏紅-橙譜区和藍-紫譜区时就最接近于常态。

在 20 晝夜的生長之后把黃瓜植株收割下来,这时候曾測出植物叶子的面积和它的湿重。然后把植物(地上部分)乾燥到风乾的程度,并且計算出来相应于每 1 平方厘米叶子面积的风乾質量。

最大的叶子面积(可达 80 平方厘米)是在黃-綠光条件下所培养的植物才有的,但是这些植物的乾重却和在藍-紫光作用下并且叶子面积較少的植物一样。在紅-橙光下面培养的黃瓜植株叶子面积和乾重都最小。

所得到的这些結果使我們可以这样假設,在黃瓜的幼株里(聶洛西姆种)植物乾重的积累是在藍-紫光下面进行得最好。叶子在黃-綠光下面合成作用的減弱被生成較大的叶子面积补偿了,因而植物的总产量还是可以保持在同样的水平。在紅-橙光下面乾重积累得最少是由于叶子面积发育得少的緣故。

在用菜豆所作的实验中可以观察到植物乾重和叶子面积之間更密切的相关着。菜豆是在上述的紅-橙光,黃-綠光和藍-紫光的条件下种植了 15 晝夜,但是不是在土壤里面,而是在格里利格尔溶液中培植的(раствор Гельригеля),每天把溶液更換一次。在紅-橙光的作用下菜豆的莖陡長得几乎和在黑暗中一样,真叶的出

現延迟了,它們发育得很弱小,第一对无裂叶发育得很好。它們有很長的叶柄,叶柄和莖成銳角,叶面的位置几乎是水平的,它的面积也比在另外两种光照下的植株要大。在藍-紫光作用下生長的菜豆幼株和在紅-橙光下的一种很相象,它們也有陡長的节間長度,并且只有1个叶片很小的真叶。而在黃-綠光作用下生長的菜豆植株却和其他两种植物有很大的区别。当在紅-橙光或藍-紫光中生長的植株还只有1个真叶的时候,在黃-綠光下面生長的菜豆就已經有了4个真叶。当然,光照是連續性的,但是只有在这样的条件下才能形成花蕾。这种植物的节間和叶柄都有正常的大小,而整个植物有紧密的外形。可以作为特征的是这种植株有很深的、几乎是暗綠色的叶子顏色。

植物的风乾重量也由于栽培的光譜条件而有很大的不同。它的最大值(430—450毫克)是在黃-綠光处理下的植物中得到的。在其他两种处理下乾重都要少一半:在紅-橙光下的植物乾重——210毫克,而在藍-紫光下的植物——230毫克。

因此菜豆的正常生長和发育就需要黃-綠光,而完全不需要紅-橙光和藍-紫光。但是不是說不能在缺乏黃-綠光的条件下种植菜豆;种植菜豆还是可能的,但是不論是紅-橙光或是藍-紫光都必須加大光流的功率。但是,既然在人工条件下加大光流的功率就和加大电能的耗費相联系着,所以在人工光照下用黃-綠光培养菜豆的优越性就很明显了。

也有一些植物,它們的紧密外形不是和黃-綠光相联系着,而是和藍-紫光相联系着。譬如当在各种不同光譜的連續作用下培养田螺草(живородка)时就是在藍-紫光类的植物中观察到由于节間伸長很小而形成的紧密外形的。这些植物的总長比在紅-橙光下所得到的植物小 $1/2$,比在黃-綠光下栽培的植物小 $2/3$ 。

已开放的叶子数目以黃綠类的植物最多。在它們上面可以发现形成的叶芽,在另外两种光照条件下直到实验的末尾也看不到

营养繁殖。在藍-紫光下面培养的落地生根植株有最深的灰綠顏色。这些植物叶子的表面有花青素的顏色，这种顏色在其他两种植株中都是完全沒有的。

风乾重量是以在黃-綠光下培养的植株为最多，它們同时也有最大的叶子面积，对于这些数据來說，在藍-紫光下培养的植物占第二位，第三位是紅-橙光。單位叶面的产量在藍-紫光和黃-綠光中是一样的，在紅-橙光条件下則要稍小一些。形成最大的植物質量的条件就是叶子发育得最好，象在别的實驗中一样，在黃-綠光的作用下它們有最大的面积。

自然可以得出結論：黃-綠光对于植物是适合的，因为它使叶子很好的发育，从而保證了更大的植物質量积累。

在以上的實驗中可以观察到随着培养条件中光譜組成的不同，植物的顏色会发生显著的变化。研究各种不同的光譜成分对于非綠色植物，譬如說对于紅色植物的顏色如何发生影响是很有兴趣的。曾經用在尼基斯基（Никитский）植物園中所得到的芳香油紫苏（эфирно-масличная перилла）来作为被試驗的紅色植物，它的叶子由于花青素而呈深紅色。在不同光譜成分的有色光照下把它一直培养到結成种子，每晝夜的光照時間为 12 小时，另外 12 小时把紫苏放在黑暗中，只有在黃-綠光的条件下才能出現紅色的紫苏。在紅-橙光中紫苏的种苗是灰綠色的，并且在这种光照下它們常常死亡。在藍-紫光下面植物生長得不坏，但是顏色是深綠色的，只有在叶柄上才能看見花青素。

紅-橙光对于培养紅紫苏來說是完全不适合的，在培养紅叶秋海棠时也观察到类似的現象，它也会在紅-橙光的照射条件下死亡。

因此，全部已进行过的實驗結果都說明，对于各种植物來說，混合在同一个功率不大的光流之中的黃光和綠光有无疑的优越性。

所提出的材料应该被看成是一个新的讯号，它证明我们关于植物光谱需求的知識是很不完全的。我记得波依斯-托姆普索諾夫斯基研究所 (Бойс-томпсоновский институт) 的光谱区室中用自然光所作的大量实验曾同样的说明光谱中的紅-橙光的部分比起藍-紫光来对于植物正常发育的意义要小。但是在上述的許多实验中并没不把黃-綠光和藍紫光分离开来，因此那里也只有可見光中短波部分的作用和另一半光谱(紅-橙)相比較的总和結果。

显然，生物物理学在植物栽培学領域中的基本任务就是在研究光照条件和伴随着光照条件而产生的能引向植物最高收获量的許多因素。这个任务是复杂而多方面的，而它的解决对于实践是极为重要的。

参 考 文 献

1. Вильямс В. Р. 1953. Собр. соч. Сельхозгиз.
2. Костычев С. П. 1933. Физиология растений, ч. 1—2. Огиз.
3. Тимирязев К. А. 1937. Соч. т. 1, Сельхозгиз.

[李賦鎬譯. 作者: Б. С. Мошков. 原題: Основные задачи светофизиологических исследований в растениеводстве.]

用烟燻法防止植物免于霜冻的 物理化学基础

И. С. 斯米尔諾夫

(苏联科学院地質物理学研究所)

防止植物免于霜冻是提高农作物收获的主要問題之一，因为不向乾旱和霜冻进行严重的斗争，就不可能显著的提高农产品的生产而达到丰收。

烟燻法——即用烟来复盖在喜暖性植物的地区上，在农业实践上广泛地被应用来和霜冻进行斗争。И. В. 米丘林曾經用过烘燻（烟堆的燃燒）的方法来防止植物免于霜冻，他認為这种方法是最可靠的。

近来在考虑到发生霜冻的主要的气象条件和烟幕的物理化学性質的情况下試驗了多种的烟燻剂（дымообразователь）。

烟燻方法的研究結果（列宁格勒气象实验研究所，地球物理总站及其他地方的工作）証明了如果应用在适合的气象条件下，并且利用能发出高度絕热性烟幕的发烟物質，則烟燻方法可以成为一种可靠的防冻方法^[1,2,3,4,6,8]。

烟燻剂防止植物免于霜冻的优越性

烟燻作为向霜冻进行斗争的方法具有很多优点，我們来研究其中最重要的几項。

和其他方法比較起来烟燻方法主要的优点在于用这种方法能够在很大的面积上大规模的保护农作物。而象紗布和其他复盖

物只能用来作为植物的个别保护，用加热器来保暖则由于需要大量的加热器和劳动力，也只能应用在有限的面积上。考虑到这种情形是很重要的，因为苏联已经是大規模机械化农业的国家了。

烟燻方法的第二个重要优点就是不需要很多时间就能把防治物资充分准备起来，因而在无霜冻时期就无需消耗物资和磨損装备，而这在利用其他方法时在技术上是是不可能的。

烟燻防止的第三个优点是烟燻剂容易集中，我們可以設立一处或几处烟幕，它就可以从那里迅速地散布在广大的面积上。

烟燻方法的第四个优点就在于它比较容易机械化，如果考虑到第二次世界大战的经验，就知道这一点是很重要的了，当时利用烟霧机在几百平方里的地区內能迅速和長久地放滿烟幕。

有时把烟燻剂防止的热效应太小作为它的缺点。这种意見都是根据安排得不很好的一些实验的資料，在这些实验中沒有考虑到气象条件，烟燻剂的耗費量和发烟时间的長短。

П. H. 克拉西科夫和 M. E. 別尔良特^[1,2,3,4,8]的研究指出，烟燻的热效应是依赖于气象条件，烟燻剂的本性和它的耗費量的。例如，当完全阴云时，如果烟幕是由不吸湿性物質的微粒形成的，則烟云的热效应一般是沒有的；如果烟燻顆粒很小而不能很好的减低有效輻射則也能发生热效应不足的现象。根据这些著者在理論上的計算，如果在晴天維持較長時間的烟燻，則能得到相当显著的热效应。П. H. 克拉西科夫計算出，假如烟云能减低有效輻射到 50%，那么在 2 小时烟燻后，植物表面上的热效应能达到 3.8° ，5 小时的烟燻能使这种热效应几乎达到 6°C 。应当指出，在这些計算中还没有考虑到总热效应中的其他因素，例如烟燻剂在燃燒时所放出的热量和空气中的水汽在烟云的可湿性顆粒上凝聚时放出的凝結潜热等。

用紅磷烟燻所做的初步田間試驗

苏联科学院地質物理研究所曾提議試用紅磷作为烟燻剂来防止植物免于霜冻。这个选择基于以下的理由：

1. 磷是比所有已知烟燻剂都要好的一种，它的成烟系数（дымообразующая способность）等于 12，就是說在潮湿的空气中燃燒 1 克磷可以形成 12 克由稀磷酸組成的分散內相的烟幕，而所有其他烟燻剂的成烟系数則小得多^[5]。因此虽然磷比許多其他烟燻剂要貴些，但以磷作为烟燻的价格还是要便宜得多。例如，矿物油、重油、氯化銨及其他烟燻剂虽然比較便宜，但是既然它們形成烟燻的能力較小，那么造成相同烟燻濃度时需要的量就更多了，因此用这些烟燻剂来发煙反而会比用紅磷来发烟的价格貴些。

2. 紅磷比較安全。就形成烟燻的能力來說，广泛应用来作为复蓋的白磷接近于紅磷，它的成烟系数也等于 12。但是白磷很危險：它很毒，并且在空气中能自燃。而紅磷則沒有毒性，在技术方面是无害的。磷酸的霧滴对植物來說不仅无害，而且甚至还是有益的，因为稀磷酸可以作为很濃的肥料来应用。在大規模施放烟幕时必须注意，因为在广大的面积上長期的放烟幕时必须燃燒数十吨的紅磷，因而在成烟云时就形成数百吨的磷酸，其中一部分一定要落在植物和土壤的表面上，当与植物根外营养的試驗成果有关时特別要估計到这个情况。

3. 燃燒紅磷本身就可以形成烟燻，不需要加別的燃料。可是很多烟燻剂（氯化銨，萘，萘，矿物油等）在形成烟燻时需要很高的溫度。磷的这种性質簡化了制造煙云的机器的構造。

以紅磷作为烟燻剂来防止植物免于霜冻的研究工作是在苏联科学院通訊院士屠莫諾夫（Тумонов）的总领导下进行的。参加这个工作的有苏联科学院植物生理研究所，苏联科学院地球物理和物理化学研究所的工作者，共同工作的还有地球物理气象台和全苏茶树及亞热带作物科学試驗研究所苏霍姆斯基（Сухумский）分所，所有保护桔林的田間工作就是在这个分所的基地上进行的。

烟熏剂的全部試驗工作是在2月27日到3月6日的晚上和夜間当气象条件接近于霜冻时进行的。

在进行試驗时曾出現过不稳定的天气:在白晝变化多云,有时完全充滿烏云而到夜里烏云就减少了,有时往往天空中完全晴朗。試驗总是在晴天或是在有高空薄云时来进行。夜間的溫度变化在 -2° 到 $+6^{\circ}$ 之間。在試驗时有微弱的风,风力从平靜无风到2—3米/秒。空气的相对湿度变化在70—90%之間。

選擇了一块0.6公頃左右的桔树种植場(1930年种植)作为試驗地段。桔树高2—2.5米,排成整齐的行列:树梢在行列中都是密接的,各行列間的距离是7—8米,試驗地段中的土壤微湿。

最有代表性的施放烟幕界綫和观察点的位置如图所示(图1)。烟熏一般布滿在大于10—20公頃的面积上。放烟幕的界綫一般長50米,是由排列在树間的6个发烟基地組成;基地間的距离是8米。在每一基地中同时燃燒1个到5个“烟銃”的紅磷。紅磷散倒在直徑为40厘米的圓形碟(平鍋)內。用普通火柴或以燒紅的鉄棒来点着这些烟銃。这些裝紅磷的“烟銃”的形狀如图2和图3所示。一些烟幕的燃燒情况見图4的照片。

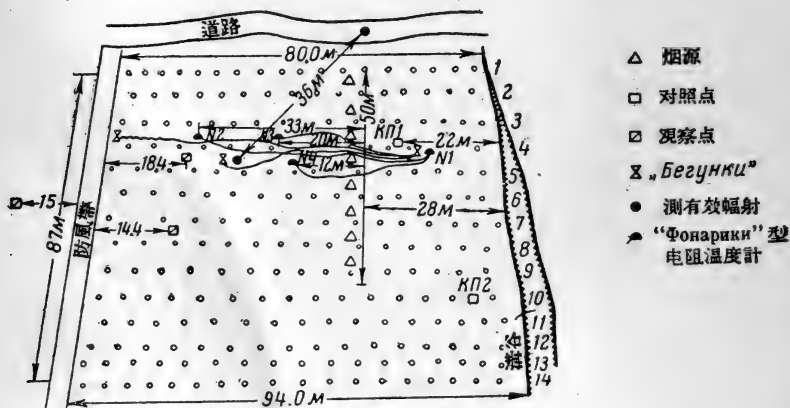


图1. 試驗地图解

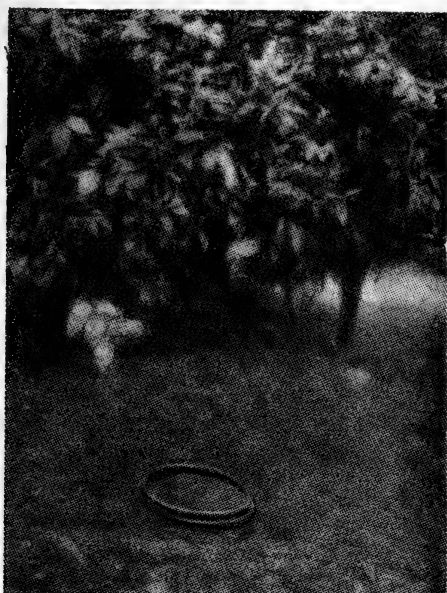


图 2. 红磷的“烟
銃”在点火前



图 3. 红磷的“烟
銃”在燃烧时



图 4. 烟幕的一般形状

施放烟熏的时间不少于 1 小时也不多于 2 小时。烟云的热效应在 6 个气象点上加以记录,其中有 4 个是位于烟幕地区里,另 2 个是在对照地点,此外还用远距离仪器来检查热效应(盖奥费昂式电阻温度表)。有效辐射是用扬尼舍夫斯基地面辐射表 (ГГО) 同时在两点上测定的:在烟外一点和烟内一点。

曾经用红磷的不同耗用量进行了几个试验。

田间试验的基本结果

计算在烟幕内温度的升高和有效辐射的降低可以用比较在对照地点和在烟幕复盖地点上这些因素在同一时间内的变化的方法来作到。

当烟幕较浓时,可用电阻温度表来进行测量。电阻温度表在

这些試驗中是比較方便的；它无需將两种溫度的度数相减就能够求得溫度差，故可避免誤差，此外它的慣性也較小。

試驗的結果之一列于表 1。

初步試驗証明烟云的烟效应和紅磷的耗費量极为有关。在每

表 1 用电阻溫度表測得的在对照地点和烟幕地区的溫度
差烟幕开始在 21 点 15 分；烟燻結束在 23 点 30 分

測量時間 (时和分)	溫 度 差				
	溫 度 表	溫 度 表	溫 度 表	溫 度 表	平 均
	1 号	2 号	3 号	4 号	
21—30	—	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.0	+ 1.1
21—35	+ 1.0	—	—	—	+ 1.0
21—50	—	+ 1.0	+ 1.6	+ 1.3	+ 1.3
22—00	+ 0.9	+ 1.1	+ 1.4	+ 1.0	+ 1.1
22—10	+ 1.4	—	—	—	+ 1.4
22—15	—	+ 1.5	+ 1.8	+ 1.6	+ 1.6
22—25	+ 1.6	+ 1.8	+ 2.2	+ 0.8	+ 1.6
22—40	+ 1.4	+ 1.7	+ 2.4	+ 1.8	+ 1.8
23—00	+ 1.6	+ 1.7	+ 2.1	+ 1.7	+ 1.8
23—20	+ 0.8	+ 1.3	+ 1.6	+ 1.4	+ 1.3
23—40	+ 0.2	+ 0.3	+ 1.5	+ 0.6	+ 0.6
24—00	+ 0.1	0.0	0.0	- 0.1	0.0

表 2 热效应对紅磷耗費量的依賴性

紅磷耗費量, 在 1 米內以千克/小时 計	平 均 熱 效 應 °C	最 大 熱 效 應 °C
0.24	0.4	0.8
0.48	0.6	0.9
0.72	0.8	1.4
1.00	1.4	2.4

米長的放烟綫上当增加紅磷的耗費量从 0.24 到 1.0 公斤/小时時曾得到不同的热效应 (表 2)。

有效輻射的測得是用揚尼舍夫斯基式地面輻射表同时在两点进行的: 在烟外和烟內各一点上。地面輻射表之一置于离放烟界綫 35 米的桔树間距地 1.5 米的烟幕区内; 另一个置于同样高度, 但在烟区以外。測量在发烟前 1—1.5 小时开始, 一直进行到在烟流結束后的 30—60 分鐘。

所得的結果如表 3。

表 3 用紅磷烟燻所引起的有效輻射的减低

时 間 (时和分)	对照地点的有效輻射(卡/平方厘米/分)	烟幕內的有效輻射(卡/平方厘米/分)	有效輻射的减低	
			卡/平方厘米/分	%
23—00	0.10	0.11	—	—
23—30	0.11	0.11	—	—
24—00	0.08	0.09	—	—
00—10	0.08	0.07	0.01	12
00—20	0.08	0.05	0.03	37
00—30	0.08	0.03	0.05	62
00—40	0.10	0.07	0.03	30
00—50	0.10	0.05	0.05	50
01—00	0.10	0.05	0.05	50
01—10	0.09	0.04	0.05	55
01—20	0.08	0.04	0.04	50
01—30	0.11	0.05	0.06	55
01—40	0.08	0.06	0.02	25
01—50	0.09	0.06	0.03	33
02—00	0.11	0.06	0.05	45
02—10	0.08	0.06	0.02	25
02—20	0.11	0.07	0.04	36
02—30	0.10	0.08	0.02	20
03—00	0.07	0.06	—	—

紅磷烟燻田間試驗的結果可以得出以下的結論: 紅磷的烟燻

最大可以减低有效辐射的 60% 并升高空气温度 $0.8-2.4^{\circ}\text{C}$ 。热效应决定于红磷的耗費量的大小, 在我們試驗的条件下, 每米放烟綫上每小时用 0.24 到 1.0 公斤的红磷。

烟燠使霜冻減輕的物理化学过程

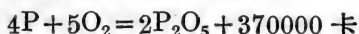
在红磷烟燠的复盖下, 植物表面, 土壤和空气温度的升高最低限度是由这样三个过程造成的: 红磷的燃燒, 水蒸气在吸湿性烟粒上的凝聚和有效辐射的减低。很多烟燠剂并不全具有这样三种热效应。所有在吸湿性微粒上形成的人造烟幕 (四氯化錫、四氯化硅、氯代硫酸的 SO_3 溶液及其他等等) 提高空气和植物及土壤表面的温度仅由于两个过程: 凝聚作用和减低有效辐射。

矿物油, 重油及其他物質形成的烟幕是由于减低了有效辐射的結果而提高了空气的温度, 氯化铵本身仅由于减低有效辐射和水蒸气在烟燠顆粒上很微弱的凝聚作用而提高空气的温度, 因为它自己昇华时还需要消耗热能(即为需要外加热)。

普通的烟銃是由烟燠剂、燃料、氧化剂、火光防止剂, 填充料及其他等等所組成的, 由于燃料和由氧化剂中分解出的氧化合而放出热量来, 并且在烟銃中燃料仅仅只是烟燠混合物中很小的一个組成部分。

红磷形成烟燠是由于和空气中的氧及湿气作用的結果, 因此它比其他一切应用中已知的烟燠剂更为有利。在磷燃燒的化学过程中所有放出的热量都利用来提高空气的温度了。

磷和氧主要是根据下式进行化合的



結果形成五氧化二磷。

五氧化二磷在潮湿空气中迅速并且大量地和水化合而形成磷酸,



从方程式中可以看出,在这些反应中析出了大量热能,因为在反应中空气本身也是一个组成部分,所以这些热能全部都是用来提高紅磷烟幕內的空气溫度了,燃燒 1 克磷析出的热量約为 7000 卡,亦即根据磷的发热量可以把它列入发热量很大的燃燒物質的种类內。

由吸湿性很强的磷酸(HPO_2)所組成的紅磷烟幕微粒遇到湿气后,水蒸气就凝聚形成稀酸的小滴。凝聚作用一直进行到空气中水蒸气的压力和溶液的蒸气压力相同时为止。結果在凝聚过程中放出来的热量增加了烟幕內空气的溫度。

有很多烟燻剂完全不是依靠凝聚作用来增加空气的溫度(矿物油的烟幕),另外一些烟燻剂如果是用了比磷酸吸湿性弱的物質时,那么它們由于凝聚而产生的热效应是很小的。

紅磷的烟云在實質上是稀磷酸的烟幕(当相对湿度較高时)。因此根据与这种人造烟幕中含水量的依賴关系可以大概地用下面方程式来計算由于水蒸气凝聚而引起的溫度的昇高量

$$\Delta T_{\text{凝聚}} = \frac{aZ}{C_p P},$$

上式中 a —烟幕內的含水量; Z —水的凝結潜热; C_p 和 P —空气的热容量和密度。从計算得出,在形成人工烟幕时,空气中的含水量如果是 0.1 克/立方米,則 $\Delta T_{\text{凝聚}}$ 为 0.2°C ,当含水量为 0.5 克/立方米时則 $\Delta T_{\text{凝聚}}$ 为 1.0°C ,而当含水量为 1 克/立方米时,則 $\Delta T_{\text{凝聚}}$ 为 2.0°C 。

在大面积上进行烟燻时紅磷烟燻的起始濃度是很大的,由于凝聚作用而形成的全部热量都用来使烟云空气溫度增高了。

燃燒和凝聚作用的过程是使紅磷烟云中空气溫度昇高的主要原因,但是这种热效应显然仅仅在烟源近处才起作用;随着离开放烟界綫距离的增加,由于烟云和大量冷空气互相混合的結果,这种溫度增高就很快的降低了。

磷烟云热效应的基本原因是植物和土壤表面有效辐射的降低。这个效应首先决定于气象条件,其次决定于烟浪的本性。

紅磷的烟幕和其他的烟幕一样,最适于在晴天的夜里和早晨使用,因为当时热辐射特别强烈,而植物表面的温度低于四周空气的温度,在这样的气象条件下最常遭致危害性的霜冻。在阴天或是有天然雾存在时使用烟燻是完全不必要的,因为天然的云和雾已经在起着保护植物免于霜冻的作用了。但是当植物因降低温度而死亡时几乎从来没有遇到过这样的气象情况。在这样的情况下烟燻的热效应是不大的,热效应的产生仅仅是由于紅磷的燃烧和水在磷酸颗粒上凝聚时放出的热量。

在其他条件相同时,烟云降低有效辐射的程度取决于烟云的浓度和发烟能力,亦即每小时內烟燻剂的消耗量。由于减低有效辐射所产生的热效应取决于烟燻的面积和烟燻时间的长短,归根到底也就是取决于烟燻剂总的消耗量。

П. Н. 克拉西莫夫和 М. Е. 別尔良特的研究^[1,2,3,4,8]使我们能够根据烟燻时间的长短大概地计算植物辐射面上的热效应。М. Е. 別尔良特计算出,在有微风时,在1到5小时的烟燻时间內,比值 $\frac{\Delta T_{\text{辐射}}}{\Delta R}$ 可以由37变到85。在我們的試驗中,对照地区的有效辐射平均约为0.10卡/平方厘米/分,而在烟內植物表面上有效辐射的减低达到60%(表3)。根据这些材料就计算出了在植物表面上的热效应值取决于烟燻的时间。这些大概计算的结果表示如图(图5)。

从图中可見在用紅磷烟燻时,在植物表面上得到的热效应可能达到5.5—6.0°。这点是很重要的,因为烟燻首先提高了植物体上最易受霜冻的嬌嫩的春天初生部分的温度。如果注意到ΓΓО和农业物理研究所的工作,就应当特别考虑到这种情形,他們曾指出过在霜冻过的情况下,植物表面上的温度要比空气中的温度低

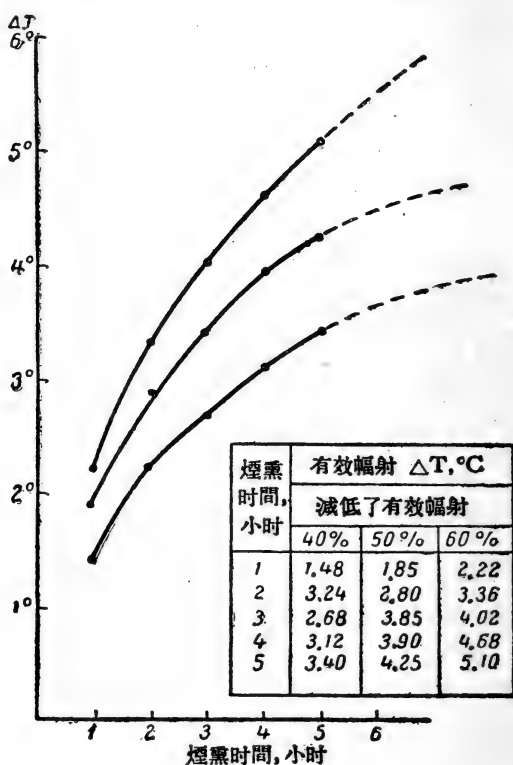


图 5. 植物表面温度的变化和烟熏时间延續的关系

好几度。

烟幕微粒的大小对于减低有效辐射有很大的作用，但是实际上它们的大小决定于烟熏剂的浓度和化学性质。以任何方法获得的烟幕含有多种的微粒，这些微粒的大小是在 10^{-3} 到 10^{-7} 厘米之間，烟熏的小颗粒由于冷凝和凝聚过程在各方面不断地变化加大。

植物和地壳的上表面所散失的热辐射主要集中在 8-12 μm 的光谱波段里，因而烟幕的大颗粒对于防止霜冻更为有效一些。紅

磷烟云中大顆粒的数量在很大的程度上首先是决定于烟燻的起始濃度,特别是因为五氧化二磷和磷酸具有較大的吸湿能力,故在起始濃度很高时大顆粒就占多数。当大規模地进行紅磷烟燻时,烟燻的起始濃度应当很高,因此就完全保证了在烟云中气体溶膠的大顆粒占大多数。因此可見,烟云顆粒的大小也是被烟燻剂的消耗量所决定的。

从所有以上的闡明可以得出这样的結論,即紅磷烟燻的总热效应基本上决定于磷的耗費量。在我們的試驗中,热效应决定于紅磷耗費量的表現是很明显的(参看表2)。

我們在黑海沿岸的高加索进行的研究工作証明了,紅磷的烟燻可以减低有效輻射(最高到60%)和提高空气溫度(在 $1-2^{\circ}\text{C}$ 內)。我們已有可能来确定主要是由于燃燒和凝聚作用所产生的热效应。而为了闡明紅磷烟幕最主要的,即由于减低輻射而产生的热效应和为了要得到經济技术上的相当根据,还需要进行大量的实验。

参 考 文 献

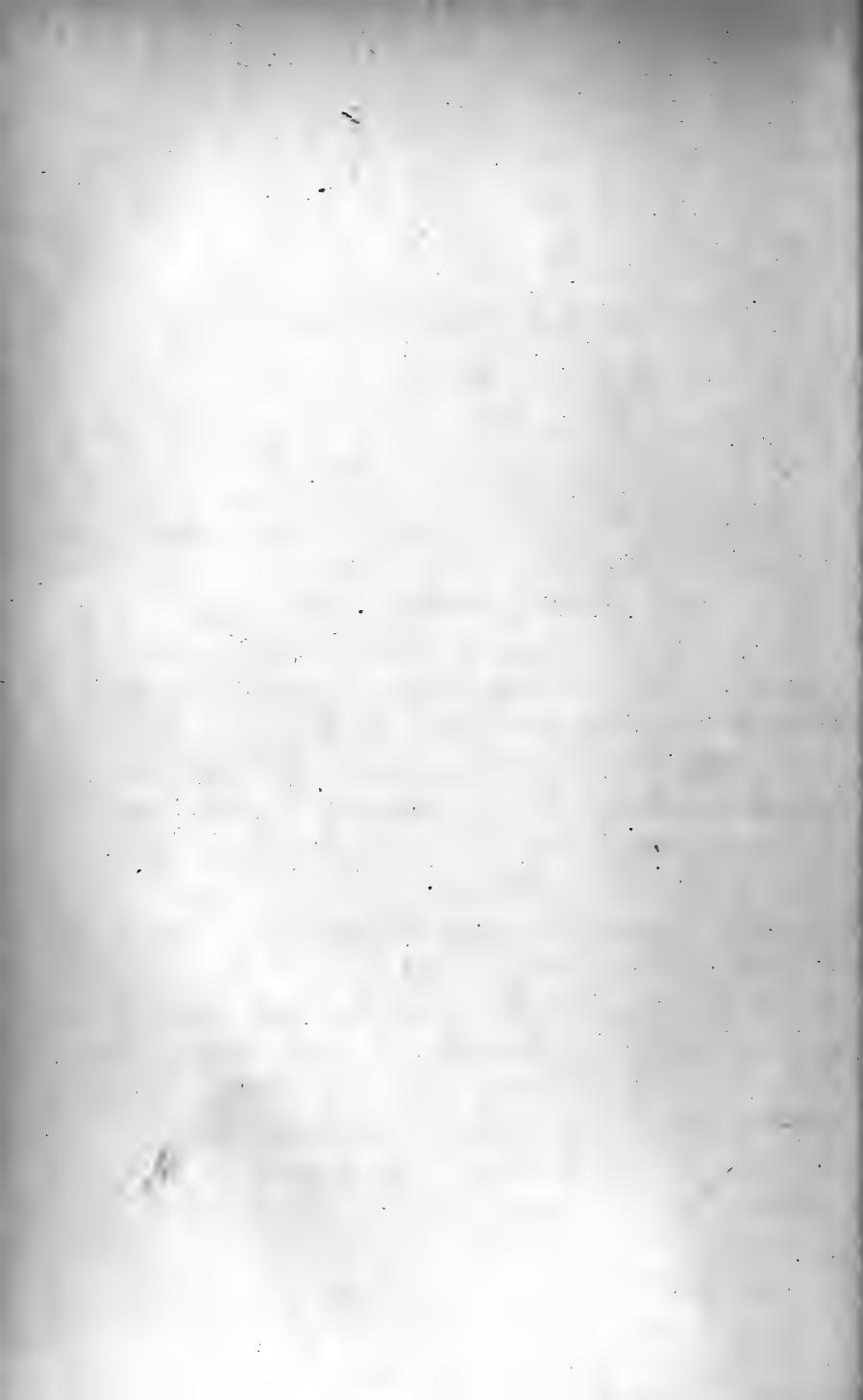
1. Берлянд М. Е. 1948. Теоретические основы защиты растений от заморозков посредством дымовой завесы. Труды Глав. геоф. обсерват., вып. 12 (74), стр. 63.
2. Берлянд М. Е. и Красиков П. Н. 1951. Исследование эффективности основных методов борьбы с заморозками. Труды Глав. геоф. обсерват., вып. 19 (31), стр. 5—13.
3. Берлянд М. Е., Гольцберг И. А., Красиков П. Н. и др. 1952. О борьбе с заморозками в СССР. Метеорология и гидрология, № 2, стр. 17.
4. Берлянд М. Е. и Красиков П. Н. 1953. Борьба с заморозками и их предсказание, стр. 90. Гидрометеиздат. Л.
5. Вейцер Ю. И. и Лучинский Г. П. 1947. Маскирующие дымы, стр. 126.
6. Гольцберг И. А. 1949. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. Труды Главн. геоф. обсерват., вып. 17 (79), стр. 102—166.
7. Кислов В. П. 1941. Сб. работ по агрономической физике, вып. 3.
8. Красиков П. Н. 1948. Борьба с заморозками при помощи дымов и туманов. Труды Главн. геоф. обсерват., вып. 12 (74), стр. 84—98.
9. Чикирова Г. А. 1952. Труды Главн. геоф. обсерват., вып. 29

[王宏康譯。作者: Н. С. Смирнов. 原題: Физико-химические основы защиты растений от заморозков дымами.]



III

紫外綫在农业中的应用



关于在畜牧业中应用紫外綫的途徑

Г. М. 富郎克

(苏联科学院生物物理学研究所)

最快地提高畜牧业是要求我們科学机关特别关怀的和要求发輝創造精神的中心任务之一。

我們知道外界环境对于动物有机体的机能、生長、发育和它对疾病傳染及其他不良作用的抵抗力都有极重要的作用。精确估計外界环境各种因素的作用和这些因素綜合起来的作用，就是确定飼养牲畜和培育幼畜最合理条件的一个必須因子。

紫外綫就是外界环境諸因素中很重要的一个，它具有很强的而且特殊的生物活性。用紫外綫有系統的照射幼畜会增加牲畜重量并减少牲畜的死亡。照射母雞会提高它們的产卵力。紫外綫在医治农畜病害方面也有很好的效果。

用紫外綫照射所得到的这些經過实践驗證的結果，无疑是具有經濟价值的。

紫外綫的生物作用不能仅仅归結于它的特殊的抗佝僂病作用，因而不能仅仅去問在何种程度上可以用照射来代替或补偿食品中維生素D的作用。紫外綫的深刻的生理活性可以改变有机体的机能状态和引起新陳代謝的变动，也能够改变对食物同化作用的性質和程度。根据一些研究者的結果，用紫外綫照射有时比在飼料中加以維生素D更能得出好的結果，这个情况和上述的事实不是有着联系嗎？

由此就引起了关于紫外綫的复杂作用和可能是紫外綫的多样

作用的問題，合理利用紫外綫的全部問題不可能只根据着維生素D光化学合成的規律。但是這個問題还远沒有全部搞清楚。我們企望着利用一切已有的方法来提高畜牧业，这就有必要去尋找最好的并且最合理的利用紫外綫的方法。

研究紫外綫在三个方面的作用时，即抗佝僂病，一般刺激作用和灭菌作用，就可能想到一系列尚未解決的問題，它們都是摆在科学工作者們面前的严重的任务。

紫外綫抗佝僂病作用的實質現在已經研究得很清楚了。紫外綫引起維生素原（特別是麦角甾醇—эргостерин）变成維生素D的光化学轉化^[1,2,8]。这个过程不管是在照射純麦角甾醇——这是一些复杂的包含着麦角甾醇和作为維生素D的其他維生素原的硬脂醇——的實驗里或是在直接照射动物皮肤的實驗里都很好的實現了。很精确地測定了这个反应的光譜灵敏度曲綫，其最大值在280毫微米左右，也測定了这个反应的出产率——即所合成維生素的量与被吸收能量之間的关系。

看起来有了这些数据就可以直接定出利用紫外綫作用的准确方法，当制訂把食物維生素化（витаминизация）或制訂預防与治疗佝僂病的实际措施时，就应当遵从这个方法。

但是事情并不是这样簡單，因为問題并不是只关于化学上純粹的麦角甾醇，而是关于包含着它的复杂綜合物的作用，特别是在动物有机体上的作用。在这种情况下，关于作用的光化学出产率及其光譜灵敏度的估計結果对于作为照射方法的数量基础來說，就不是充分的根据了。

当照射复杂有机綜合物或食品时，无关紧要的填充物質（индифферентное балластное вещество）对于麦角甾醇吸收輻射的条件和光化学作用的出产率都会产生严重的影响，这种影响可用尚未充分研究的敏感过程（процесс сенсibilизации）來實現，也可以用光化学保护（фотохимическая защита）的方法，

即减弱紫外綫的效应的方法来实现。用經驗来确定在这些条件下輻射影响的規律是很必要的，同时对这些問題还需要作更深入的光化学研究。有根据可以認為，过程的光譜敏感度可能由于附加的物質而受到很大的歪曲。問題不仅是光譜灵敏度的波段变寬和作用的最大值发生位移，并且是可能激起一些附帶的和有害的过程。譬如，都很知道在光化学作用下也会发生維生素 D 的破坏而形成有毒的产物。当照射麦角甾醇时波長在 250 毫微米附近的短波光譜区域就会引起这种过程。显然，当利用有寬广光譜組成并比較富于短波成分的光源来使某些食品（例如牛奶）維生素化时需要十分小心。在这些情况下，不仅已儲备的維生素 D 絕对量会由于同时在短波区域中进行的破坏作用而减少，并且伴随着这种破坏可能出现不利的活动性的产物，有时甚至会出现有毒的产物。

因此，尋找食品維生素化的最好条件的工作是和确定这一过程的数量規律及同时发生的次級变化相联系的，并且也和确定这些过程与作用輻射的波長之間的关系有联系。这个情况也决定了适当光源的选择。

当为了預防和治疗佝僂病而直接作用于动物体时，情况还要复杂一些。关于在什么程度上可以把光化学作用的規律移用到預防和治疗条件中去的這個問題是長久以来沒有得到解决的。如果从光化学的观点来看，对于形成某种在光作用下产生的产物來說，在多么長的时间內（例如几十分鐘或几小时）給出同样多的总照射剂量這個問題在实际上是不关紧要的，但是当作用在动物有机体上时這個問題就远不是无关紧要的了。在动物皮肤里的麦角甾醇不可能被看成是某种在动物組織之外的，停在皮肤構造中就象在仓库里“待領”的产物一样。甚至于这种类型的儲备物質在新陈代谢过程中也是和其他物質处于不断的相互作用中的，所以在某一次短促照射下一些或是很大部分的麦角甾醇光化学轉变为向維生素

素，比起在弱光源下进行数小时的慢的转变所造成的情况是完全不同的。

应当强调，提出补偿紫外线不足的任务时（在秋天和冬天，或是当舍饲动物时在一年中的任何时候——譬如在北极在区，最后或者是在养鸡场中缺乏自然日光照射的情况下），不可能认为人工光源紫外线的短促的强烈的作用完全相当于外界环境中所缺少的因素，即相当于长时间的，而其在紫外线区域的作用较为微弱的日光照射的自然气候影响。

这绝不意味着对于所提出的目的来说，短促而强烈的照射是最坏的处理，并不否认这种能产生显著而短促的化学和生理反应的作用形式有可能对于生物有机体产生刺激作用，它能引起刺激新陈代谢链发展的有利的补偿性变化，这种新陈代谢作用的结果就积累了制造维生素D所必须的产物。

大家知道的产生维生素D的光化学过程的定量规律不能机械地移用于在动物皮肤中在光照作用下合成维生素D的场合中去。在这种情况下我们所对待的已经不是孤立的化学系统，而是完整的动物有机体，在这里面首先中枢神经系统的调剂营养机能决定了维生素原的含量和决定了延迟或激发光化学作用本身的条件产生，而最重要的是它能在性质上和程度上决定利用已形成的维生素D的效率。无疑的，维生素D的这种利用在很大程度上决定于有机体的机能状态。同时应当提醒，极有生物活动性的紫外线是以反射方法引起机能整个链发生变动的强有力的刺激物，首先它能改变中枢神经系统本身的状态。随着这种刺激物如何在这些时间中产生——集中地或是在弱强度时缓慢地产生——有机体的机能反应也将有所不同，而这又可以决定维生素D形成中的差别，而主要是维生素D的利用中的差别。

我们还不能说出各种在时间程序上不同的照射将有何种实际意义。问题在于要特别地研究它，并要寻找出不仅能最好地促进

紫外綫的抗佝僂作用，并且能最好的促进紫外綫的一般刺激作用的照射条件。

为了找到这些条件，首先必須提出和进行一些严格的定量实验来得到在不同作用時間里的对比总剂量。其次，不仅根据最后的經濟效果（重量、成活率等），并且要根据經過很好选择的，能定量描述反应各个方面的准确指标来估計有机体的反应。

当建立照射动物和禽类的最适条件时需要决定皮肤毛被和羽被的作用，照射小猪的情况最簡單，这时紫外綫实际上是直接作用在皮肤的上皮上而沒有任何障碍。当照射禽类和有角牲畜时，虽然看起来皮肤上的皮几乎全被保护住了，但紫外綫还是有作用的，并且能得出有利的結果。

应当闡明身体上不受保护的小区段能透入紫外綫的程度（例如：雞的冠和眼睛，牛羊的眼睛），也应当闡明在羽被和毛被的表面上硬脂醇轉化的比重，以及作为生活系統的毛和羽所产生的直接反应是怎样的。事实上不能認為不受保护的部分是光照因素作用的唯一地方，毛被和羽被絕不只是濾过紫外綫的死的屏障物。在皮肤复蓋物上新陳代謝作用的存在表明在其中有存在着相应光化学变化及把这些变化傳給有机体的可能性。紫外綫有不显著的穿透幼畜身上尚未充分发育的毛被的可能性，这証明了也有射綫直接作用在皮肤上的可能性。

无疑的，对于在有不同发育程度的毛被和羽被时紫外綫作用的方法和作用的形式問題，需要作仔細的定量研究。制訂照射定量标准就和这个工作的結果有关，和它有关的还有象下面这种原始性錯誤的消除：表面上是照射动物而得到了有利的結果，而事实上所发生的都是通过照射飼料的間接作用。考虑到在北极区舍飼大的有角牲畜的条件下选择必要的作用規程的巨大实际意义和考虑到充分而全面地补偿紫外綫缺乏的必要性，則分析这些問題是十分重要的。

在照射农业牲畜，首先是照射幼畜中所得到的良好结果并不排斥我们利用紫外线来使这些牲畜的食品维生素化。在广泛进行的定量研究中必须解决关于照射食料（例如象干草粉这样有效的食料）和直接照射动物的相互代替和相互补充问题。如果说完全由用紫外线照射动物转变到加饲以含有高浓度工业维生素D的食物，在经济上是无利的，那末把直接照射和加饲以经过同样紫外线光源照射而得到的维生素化的、不亏本的饲料综合起来，则无疑是会有利的。

所有提出的问题，以及使光生物学实验完善化的必要性，都要求找出并试验有机体对紫外线作用的反应——特别是对照射的抗佝偻作用的反应——的特殊标志。用来决定骨骼矿质化程度的，特别是可用来决定骨骼端间层硬化程度的X光照相术，如果同时拍下了标准吸收量的相片，就可以作为一种很严格的定量方法。如利用示踪原子，则可以有更普遍易行而又严格的定量方法来测定。

因此我们看到，似乎已经在实验上和理论上充分研究清楚了紫外线抗佝偻作用问题，还是需要解决一系列重要问题来确定利用这个因素的最适合和最充分的条件。这个研究当然并不排斥最快并更广泛地实际利用已经按照被检验过的和表现过自己优点的照射方法而试验过的光源。

除了抗佝偻作用以外，紫外线的一般刺激作用也是有很大意义的。紫外线的这种作用在有机体机能状态的许多种变化中都能表现出来。皮肤神经末梢对紫外线的直接接受以及可进入血管中的高度活动性物质在其影响下的形成，都会对控制机构产生影响，首先就会对中樞神经系统的状态变化产生影响。其结果使得紫外线对动物皮肤的作用表现在新陈代谢作用、造血作用、免疫生物学反应及胃肠道机能等的特异变动上。

其中，在我们的实验室内就曾证明，在高山气候条件下血液中

紅血球数量的急剧增加不只是由于有机体在缺氧的影响下所引起的变动,并且还和在高山增加了强度的紫外綫的直接作用有关。在同样高度的居住条件下遮断紫外綫就可以很显著地减少紅血球的增加。在成年有机体上所观察到的紫外綫的这种作用就是和它的抗佝僂作用沒有直接关系的。

对于应用紫外綫的實踐來說,极重要的一点就是不同波長的紫外綫会引起不同的生物反应。这个問題曾經費去作者及其同事們的多年研究;有机体的反应根据波長不同而观察到的区别在物理疗法的實踐中得到了应用^[5-8]。在有紫外綫活动性的寬广波段里,由 330 毫微米开始及更短的波長,紫外綫既引起局部的皮肤反应,也引起有机体中的一般变化。在这种情况下不管根据过程的特征或是根据作为这些反应基础的机构,都可以观察两种与用不同波長光綫照射(即用紫外綫譜区不同区段的照射)有关的变化形式。在紫外綫的生物活动性区域内可以有条件地分成两个区段:波長由 330 到 270 毫微米的長波区;我們簡写为 $\Delta\Upsilon\Phi$, 和波長在 270 毫微米以下的短波区,我們簡写为 $K\Upsilon\Phi$ 。

由于紫外綫在这两个区域的作用不同就产生了皮肤上特殊的初級化学变化,而首先就是活原生質的蛋白質替代。在 $\Delta\Upsilon\Phi$ 的作用下占优势的过程是分解,而同时对于短波区域則凝聚作用更为显著。現象的光化学基础的这种区别不管是在标本上所作的实验中或是当照射活有机体时都可以观察到。 $\Delta\Upsilon\Phi$ 的作用引起高度活动性分解产物的出現,而 $K\Upsilon\Phi$ 照射則和皮层神經末梢的直接刺激有关,它只是在很小的程度上或是几乎不产生随血液傳播的活动性产物。和短波紫外綫高度凝聚能力相联系的还有它的破坏作用,其中包括着它的灭菌作用。在大剂量 $K\Upsilon\Phi$ 作用下未受保护的眼角膜会受到灼伤,这也是由于其高度凝聚作用而引起的。

不同波長的紫外綫($K\Upsilon\Phi$ 和 $\Delta\Upsilon\Phi$)在生物作用上的区别一点也不减低生物体本身对照射反作用的意义。无疑的,有机体中与

其机能状态有关的对照射的反作用，既可以大大的改变有机体对紫外线的敏感性，也可以大大地改变在有机体中观察到的许多变化的性质。在这方面有决定性作用的就是中枢神经系统的状态，而首先就是调节有机体与外界环境之间联系的脑皮层。同时，有机体根据其机能的状态对同样的作用给以不同反应的能力，也并不减少在不同波长的紫外线机构中的区别的特殊意义。

当研究物理因素的作用时，我们应该遵循象研究不同药剂的作用时一样的原则。没有人将否认，由于活动性物质化学性质的不同可能获得有机体不同的反应，虽然活有机体有着范围很大的，根据其机能状态来调节这种反应的程度和性质的能力。

因此，当作出最合理的作用方案时必须不仅估计到强度，并且还要估计到物理因素的性质特征。

我的同事们在高利德费尔德 (А. Я. Гольдфельд) 领导下对这些问题的研究，证明了改变作用照射的光谱组成，就可以在某种程度上控制有机体对紫外线作用的反应^[8]。

这样，当研究用短波紫外线和长波紫外线作用在被试动物身上后消化腺机能所发生的改变时，曾证明在两种情况下都发生胃液分泌的改变。但是在 ДУФ 作用下首先发生的是胃液分泌量的一般增加。在 КУФ 作用下胃液的分泌量实际上并不增加，但是它的消化能力却急剧的增高。这个事实对于畜牧业实践可能也有很大的意义，因为当利用紫外线照射时，和预防佝偻病的同时又得到了附带的效应——刺激分泌和提高胃液的消化力。

有机体生物免疫性发生改变的意义并不更小。在这里面短波紫外线起着极重要的作用，它可以反射性地提高保护性。除此而外，在由紫外线照射中所得到的对许多传染病的治疗作用中起重要作用的正是在石英灯的宽广光谱里的短波成分。这个作用在用单独的短波紫外线时可以显著的加强，这是由于除去了长波紫外线的附带的而有时是對抗性的影响。

所有上述的情况証明了必須严重地对待关于在农业实践中所利用的光綫的光譜組成問題。

我們感覺到，不經過細心的研究就可能錯誤地只去注意紫外綫的抗佝僂作用，因而把光譜的活動性區域限制在 300—270 毫微米的範圍里。不仅在實驗里，而且在臨床工作里短波紫外綫的特殊作用都迫使人們去想如何來利用光譜的這個區域，不僅用來作為一般刺激因素，並且在獸醫實踐中可用來作為治療因素。

根據一些著者的研究結果，用石英燈去照射動物在增加動物重量方面，在保存幼畜和提高禽類產卵率等等方面都比飼以充足維生素 D 的食品更能得到好的結果。應當闡明，在這些條件下除了紫外綫的抗佝僂作用之外是否還發生了其他方面的刺激影響，在這些影響中，包含在普通石英燈光譜之內的，並從抗佝僂病效果的观点看來並沒有特殊意義的短波紫外綫，可能起着不小的作用。

上面所說的不可以理解成對實際應用紫外綫作用的一定方法所作的建議。只是希望避免只去注意這種光綫的“抗佝僂利用”的極端方針，並希望預防不根據適當的實驗而輕易地排斥光譜的短波部分。

光譜短波區域的第三個應當研究的問題也應當引起我們的注意，這就是紫外綫的滅菌作用。雖然整個紫外綫都有滅菌作用，但是隨著波長的減少，它在這方面的活動性就急劇的增加，在 250 毫微米的區域滅菌作用達到最大。短波紫外綫在這個最大區域里的滅菌作用是這樣的大，以至於和它比較起來光譜中長波區域的類似作用成為微不足道的了，在實際上可以不必去注意。

因此，對於維生素化來說就需要我們所謂的 ДУФ ，而對於光消毒作用來說則需要我們所謂的 КУФ 。

最近在醫學實踐里生產了並廣泛利用了一些特殊的紫外綫光源，這就是所謂的滅菌燈。這些燈實際上只產生在最大滅菌區域里的譜綫 254。在小功率和缺少使人眼花的明亮光綫下它們具有

极高的灭菌效应，因而可以用来作为减少空气中和周围物体表面上细菌滋生的光源。无疑地，在紫外线作用下空气植物群，首先是原生植物群极快的消灭，可以在畜牧业的减少传染病工作中起重要作用。

表现得明显的短波紫外线的防臭作用也没有得到足够的研究，这在改善饲养动物的微气候条件中有若干作用。

所有上述的材料又一次证明了必须集中注意来研究照射光源的选择和确定短波辐射的特殊作用，并确定在畜牧业中利用紫外线时这个因素的单独的意义。

总结所有上述的问题时应注意到，为了最有效和最合理地应用紫外线必须：

1. 从经济有利性和所得生理作用的特点出发，最适当的把直接照射动物，照射饲料以及最后用追补工业制成的维生素D来使饲料维生素化的各种方法综合起来，这样来作出预防和治疗佝偻病的最好条件。

2. 用实验方法精确的决定紫外线作为一个一般刺激因素的作用并决定短波紫外线和长波紫外线在这个刺激作用中的生物学价值和经济价值。

3. 精确地弄清楚短波紫外线作为灭菌因素和防臭因素的作用，解释不同波长的紫外线对于治疗传染病的作用。

如果实验和实际试验工作能提到更高的方法论水平，则上述任务就可以获得解决，这里面必然包括：

- a) 把所有的工作建立在严格的数量基础上——遵守不同实验方案可比较性的条件并在遵守剂量的情况下试验生物效果和农业经济效果，阐明在同样剂量下光强度(剂量功率)的意义，决定光谱成分的作用；

- 6) 作出并在实践中引用能说明动物有机体对紫外线的反应的各个方面的、经过很好考虑的定量标志，利用最新的生物和生理

指标,把这种指标与对产量最后結果的評定相比較并結合起来。

в) 利用特殊挑选的,具有一定特征的光源来进行实验和实际試驗,需要对这些灯在光学技术上熟練的利用,还需要具备光度学的控制。

参 考 文 献

1. Букня В. Н. 1940. Витамины. Изд. АН СССР.
2. Гольфельд А. Я. 1948. Диссертация.
3. Жихарев С. С. 1939. Труды Эльбрусской экспедиции. Изв. АН СССР, Серия географич.
4. Франк Г. М. 1940. Архив биологических наук, № 1.
5. Франк Г. М. 1941. Физיותרapia, № 2.
6. Франк Г. М. 1947. Труды Академии мед. наук СССР, 3-я сессия, стр. 73.
7. Франк Г. М. 1950. Ультрафиолетовое излучение и гигиена, Медгиз, стр. 7.
8. Reiter u. Gabor. 1935. Strahlentherapie, Bd. 27.
9. Windaus A. u. Lutringhaus A. 1932. Deutsch. med. Wschr., № 2.

[李賦鎬譯。作者: Г. М. Франк. 原題: О путях
применения ультрафиолетовых лучей в живот-
новодстве.]

紫外綫在畜牧业和养鸡业上的应用

A. E. 諾維科娃

(全苏农业电气化研究所)

紫外綫是外界环境最积极因子之一，它們对于动物机体的新陈代謝和羽毛或被毛的狀況发生良好的影响，紫外綫有提高生命的緊張度并促使有机体对于傳染病和非傳染病获得很大的抵抗力等作用。以紫外綫照射幼畜可促进健康并增加它們的生产率。

在苏联中部和北部地帶动物的培育，特别是在冬季需要人工光照，它是爭取动物，首先是爭取幼畜健康的一种方法。类似的一些措施有助于完成党和政府为了解决增加牲畜头数和提高牲畜生产率問題所規定的任务。苏联共产党中央委员会全体會議的決議指出將注意力集中到預防問題上的必要性，因此，必須保証科学和技术成就最快的运用到畜牧业的實踐中去。

許多專門的研究和广泛的實踐都証明了，在春季和夏季农畜疾病大大地减少是由于这些季节里的太阳輻射中有較丰富的紫外光。生長着的有机体特別需要丰富的日光，日光不足將严重的影响新陈代謝并引起血亏(малокровие)，貧血和佝僂病。

在冬季佝僂病表現得最严重，在晚春达到最高限度。仔猪、犏牛、雛鸡和山羊羔最常患佝僂病，而羔羊和幼駒較少。

在8—10分鐘內以少量紫外綫照射幼畜一般地是預防和治疗佝僂病的一种有效方法，并且紫外綫的輻射不仅有抗佝僂病的作用，而且使整个有机体健康并受到鍛煉。

在現代的大型农庄內，家畜和家禽都飼养在不大的場地上，这就减少了看管和房舍的費用并便于使用机器。但同时有生产能力

的牲畜很密地拥挤在一起，常常引起飼养条件上的极大偏差，不仅与自然条件甚至与同一企业中的种用家畜的飼养条件也有很大差别。

当經常舍飼家畜和籠飼养鸡时，我們不可避免的要遇到这些因素。显然，这些与自然飼养条件的偏差不可能不反映到家畜和家禽的健康和生产性能上。在冬季进行猪、仔猪和犢牛的舍飼的情况下，可以發現佝僂病和副伤寒，而在多层育雛器中培育雛鸡时还可以見到佝僂病和麻痺病，而在天然放牧的条件下几乎沒有发现过这些病。于是当舍飼和籠飼时就不得不采取一系列的措施（加餵以維生素的食品或維生素制剂）。

紫外綫照射的实际应用受到很多情况的限制，其中可以指出的，例如笨重性、脆弱性和裝置利用的可靠性小。还没有很好地研究照射动物的方法，缺少照射的用量标准和專門应用在畜牧业上的裝置。

广泛地研究，尤其是紫外綫輻射在技术上应用的研究，只是在发现了可靠的、运用方便的和規模不太大的紫外綫光源时才有可能。目前的光源仅只是太阳、电弧和电火花，因此談不上广泛的应用紫外綫。只有在創造了气体放电灯才能够发展紫外綫，在农业上，特别是在畜牧业和养鸡业上的应用。

高压的 ПРК-2 和 ПРК-4 型汞-石英灯用来照射农畜是最方便的。它們是强大的和广闊的紫外綫的光源，其波長范围为 275—320 毫微米。

灯的工作状态和照射强度的变化很密切地决定于供电网电压的变化。当从本地的电力站供电时这些变化特别大，这些电力站允許电压与名义上的电压相差 7.5—10%。

汞-石英灯基本上应用于 127/120 伏特（ПРК-4 号灯）和 220 伏特（ПРК-2 号灯）具有相应开关裝置的交流电力网上。

在开灯后的最初十分鐘內灯的电参数是在改变着的（沒有确

立的状态), 然后在电力网电压不改时又变成正常(确立状态)(表1)。

高压的汞灯是会变陈旧的, 由于长期的工作, 在管壁上形成一种由电极分解产物所形成的膜, 有时在烧瓶的壁上也会出现这样的变化。所有这些引起灯的照射量的减少。照射成分也改变了, 因为在这种变化的情况下, 波长较短的比长的照射量减少了很多。

此外, 应当注意到在相同的总燃烧时间下, 照射量的减少决定于灯是否短时间的开放或几乎是不停的工作。在后一种情况下, 照射量减少发生得比较慢、必须注意地看护着灯, 灯的烧瓶应当经常地用蒸馏水或酒精洗净。这是为了在烧瓶内燃烧的工作过程中预防可能有的灰尘或其他污物(如指印)。

表 1 当利用交流电力网时灯的电参数

灯	电力网的电压 (伏特)	灯开始的 最大电流 (安培)	不确立状态的时间 (分)	确立的状态		
				电流量 (安培)	灯的电压 (伏特)	功率 (瓦特)
ПРК-2	220	6	15	3.75 ± 0.25	120 ± 6	3.75 ± 13
ПРК-4	127/120	5	10	3.75 ± 0.3	70 ± 5	220 ± 8

如果说紫外线在医学领域内已获得广泛地应用并占有巩固的地位, 那么, 研究紫外线对于有机体的影响还只处于发展阶段中。在农业实践中紫外线可以得到广泛的和多方面的应用; 例如, 借助于紫外线可以进行农产品的荧光分析 (люминесцентный анализ), 并且可对于生活有机体起刺激作用, 以加速生长, 增加体重, 提高机体的生活力, 把维生素原变成维生素D, 并且可利用紫外线作为一种杀菌的工具。

全苏农业电气化科学研究所 (ВИЭСХ) 在国营农场和集体农庄的生产条件下在用紫外线照射幼畜特别是有照射仔猪和产卵鸡方面进行了许多研究工作。

在这方面的一些最初試驗是在固定的条件下用仪器和用医学实践中所采用的一些方法进行的。我們很清楚，对于大型农业生产的一些条件來說，这些方法不可能广泛的应用。但是这些試驗証明紫外綫是一种促进动物健康的强有力的方法，并可以提高其生产率。直接在国营农場和集体农庄里多年的工作中，曾对2,000只产卵鸡和3,535头仔猪进行了10次以上的試驗。由于这些工作找到了照射的用量(最低限度和最高限度)。并闡明了直接照射动物本身比給动物以照射的制剂要优越些。同时計算了照射的生产效果。

研究工作的組織和方法以及抗佝僂病的措施都包括在最初两个試驗里，同时也作了血液的临床分析，骨的化学研究，病理解剖的剖驗和X光透視的研究。这两个試驗都产生了令人鼓舞的結果。因此第三个試驗的进行是为了确定照射的剂量。关于动物正常发育和生产率所需要的照射能量在文献里沒有发现十分确定的指示。

为了試驗选择了离照射源1米的地方照射3, 9, 15和20分鐘的剂量，而以15分鐘的剂量最适宜。在这种情况下，生后108天的每头仔猪比照射前增加了9公斤多。

第四次試驗是对一些患有显著佝僂病的仔猪进行的，由于采用了照射的治疗剂量(20分鐘)，仔猪不仅被治好了佝僂病而且比对照組的仔猪体重增加了20%。

第五次試驗是对大量的动物进行的。仔猪被飼养在很低的飼养水平上，因此照射过的仔猪在重量方面增加了14%，但是其成活率为100%，而对照組死了21%。

第六次試驗是在“銀池”国营农場內对于471头仔猪进行的。当时在国营农場內有猪瘟，而試驗的进行是为了闡明紫外綫对这种疾病有什么影响。在这个試驗里用了一組仔猪，紫外綫是在联合的形式下供給的，也就是除直接照射外每天每头仔猪还补充

1,000 單位的照射过的酵母。結果照射的仔猪平均活了57%,而对照組几乎全部死亡。

第七次試驗是 K. E. 沃罗舍洛夫在集体农庄內进行的,这是为了治疗仔猪的腸胃病。由于数次照射的結果疾病就終止了。

第八次試驗是在莫斯科省沃洛科拉姆区的斯大林国营农场內进行的,照射的結果如表 2。

表 2 照射对仔猪体重的影响

組 別	每組头数	2 个月断乳时的重量(公斤)	4 个月时的重量(公斤)	與对照組比增重的%	4 个月时的死亡率%
对 照 組	36	10	25	100	7
試 驗 組	36	11.8	34.2	136	3

最初的一些照射仔猪的試驗是借助于医学上固定的裝置进行的。把仔猪赶到裝有紫外綫裝置的房舍里需要很多時間和人力。此外,在同一猪舍內照射时就有一些猪感染另一些猪的可能。为了可以同时照射大量的仔猪,而不破坏它的狀況(制度、規則)和品行(行为),必須使照射过程机械化。必須制做这样的灯,当照射动物时可以使灯在畜檻上方移动。必須保証对所有各行的每个畜檻都有同等的光照。

为了这个目的制备了机械化的照射裝置。該裝置由移动機構、支承結構和电气部分組成。当电閘打开时,猪舍兩側的灯开始以所規定的速度在畜檻上方 1.2 米处移动。在这种情况下,灯在 8 分鐘內通过 2.2 米(猪檻的寬度)的路程。在两个灯的正常工作情况下,該裝置所需功率为 800 瓦特。而一个灯的生产率为 1 小时 10 个猪檻。每头达 4 个月的仔猪消耗的电能为 0.75 瓩-小时。

照射裝置在一个育种場內制备,裝配并进行試驗。試驗是从 12 月到 3 月对 500 头仔猪进行的。試驗的結果(№9)見表 3。

表 3 照射对仔猪重量的影响

組 別	2 个月断乳时的重量(公斤)	4 个月时的重量(公斤)	與对照組比体重增加%	4 个月前死亡的%
对 照 組	11	28.5	100	21
試 驗 組	13.8	40.0	140	4

在試驗期內照射的仔猪未患任何疾病,活潑好动、食慾良好。

而对照組的仔猪患病,很少吃食,喜欢躺着,头钻到褥草中(不論是对照組猪或是照射組猪都由国营农場的工作人員管理)。

在用机械化的照射方法时,当灯移到猪欄上方时和仔猪一起在猪欄內的母猪也受到照射。猪欄和其中的垫草由于紫外綫的作用也被灭菌而厩舍內的空气也被消毒。

1950 年,帶有用电纜供給灯以电能的照射裝置曾被改进,裝好并在“高尔基列宁”养猪場內进行試驗。

該裝置是由支承結構,移动機構和电气部

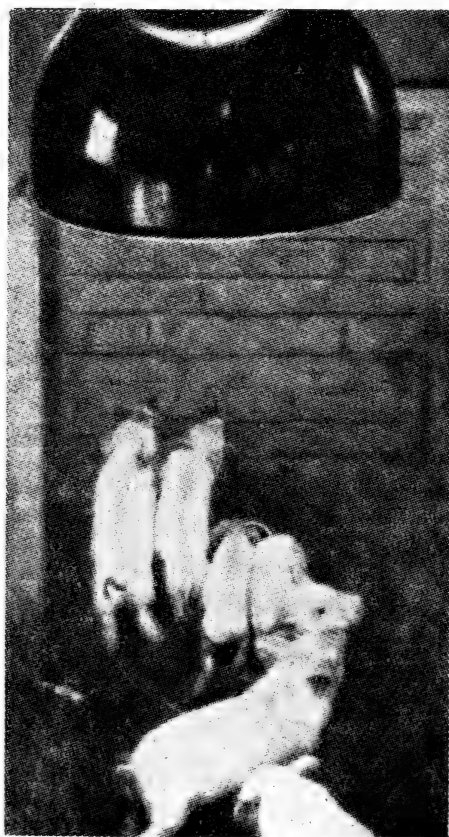


图 1. 以可移动的灯的紫外光照射仔猪

分組成的 (图 2)。

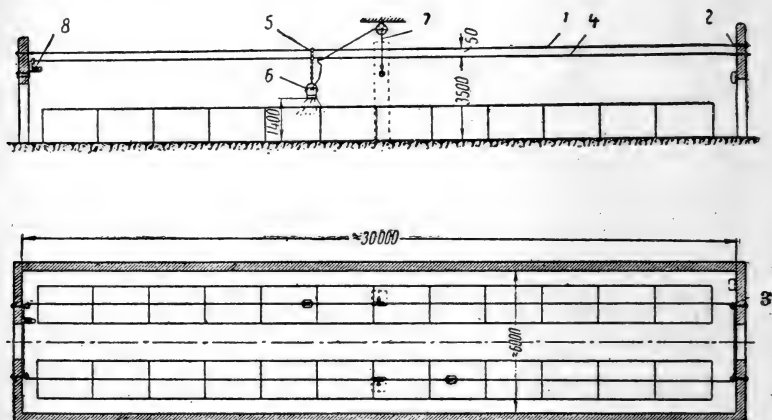


图 2. 具有由电缆供电的灯的照射装置

支承結構:沿着猪舍(母猪舍)在猪欄上方离地板高 3.55 米拉着 2 个由直径为 7 毫米的圓形鉄絲構成的支承弦杆(1), 支承弦杆由 2 个拉紧的螺栓(2)固定在牆上。在这些牆上安裝着 5 个滑車(3)。

移动部分:在支承弦杆下 50 毫米处拉着一根直径为 3.5 毫米的循环的軟索(4), 軟索在 4 个側面有一个槽的直径为 120 毫米的滑輪及一个双槽的滑輪里。軟索沿双槽滑輪的一个槽向下垂, 繞过移动裝置的皮帶輪并向上升, 交叉进入到另一个槽內, 然后进入到另一个側面滑輪里。在支承弦杆的配置平面, 軟索由两方面安置在滑架(5)上。滑架的軸沿支承弦杆移动并曳引着帶有反射器的照射灯(6)。移动裝置包括功率为 0.25 千瓦特的三相交流发电机, 电动机的轉数为 1,500 轉, 并具有傳动数 $i = 750$ 的減速器。在減速器的低速軸上套以直径 235 毫米的皮帶輪。循环軟索通过皮帶輪而移动。当电动机开动时整个系統和帶有灯的反射器就开动起来。

电气部分 电动机裝在 МПКРО 的可逆轉的磁石启动器的壳內。当灯回到原起点时它保证了照射裝置可在任何方面移动和自动停止移动的可能性。供給电动机的电流是由包在黑橡皮里的或者裝在任何管子里的電綫供給的。

配电盤安裝在猪舍中間的一个隱蔽的盒子里。在配电盤上裝有：磁石的启动器，电压互換器，两个石英灯的抗流綫圈，易溶保險器和控制灯泡。

从配电盤出来的两根 ПП-380 号断面为 1.5 毫米的電綫用插头接到 ШТЛ-4к 式的絕緣器上，并且以安裝在柱子上配电盤下面的按钮来控制。

石英灯的供电是通过以橡皮絕緣的直徑 1.5 毫米 ШРП 牌軟管綫(两根橡皮的繞性電纜)實現的。它的一头有与插座連接的插头，插座固定在反射灯上。当灯移动时電纜卷到滾筒上并由滾筒上卷开。滾筒挂在猪舍中央猪欄上边的天花板上。電纜的牽引力或借助于固定在滾筒上的彈簧来实现，或用悬挂的重錘(7)实现。

在方形反射器中，固定有循环的軟索，在軟索上有两个石英灯。反射器位于猪欄上边距地板 1.2 米处。

当灯沿猪舍走过全部路程并反回到相反的方向时，电动机的自动开关是由預先裝好了的开关器(水銀的)、启动器的致偏綫圈所决定。水銀接触点与支承索并列裝置着，当灯走到牆那里时就被灯架压住。

电动机和减速器固定在两个不等边的角上，后者固定在插入到牆里的两个角上。軸承已做好在撑架(8)上。

这种裝置曾在生产的条件中大量地試用过，产生了良好的效果，并再一次地証明已得出的結論的正确性。

飼养条件愈好，照射所产生的效果愈大。对于利用自然的太阳輻射的可能性愈小(冬天在沒有牧場的區域、在北方条件下等等)，照射愈有前途。直接照射維生素和制剂是比較有效的。

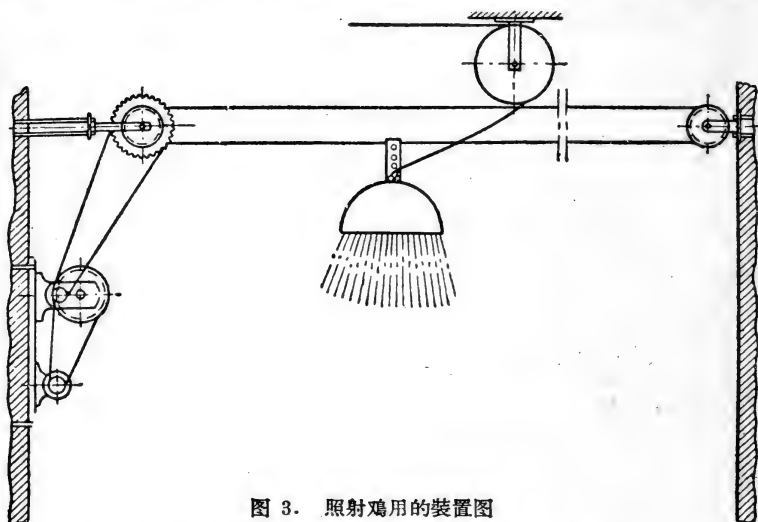


图 3. 照射鸡用的装置图

在“高尔基列宁”国营农场的养鸡场，为了在秋季和冬季照射产卵鸡以增加其产卵率起见，曾按装了这种装置（图 3、4）。所进

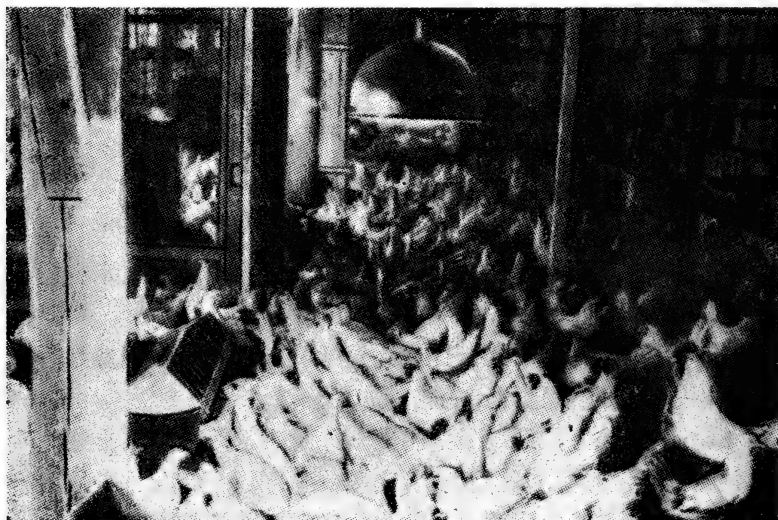


图 4. 用移动灯的紫外光照射产卵鸡

行的試驗的結果如图 5 所示。

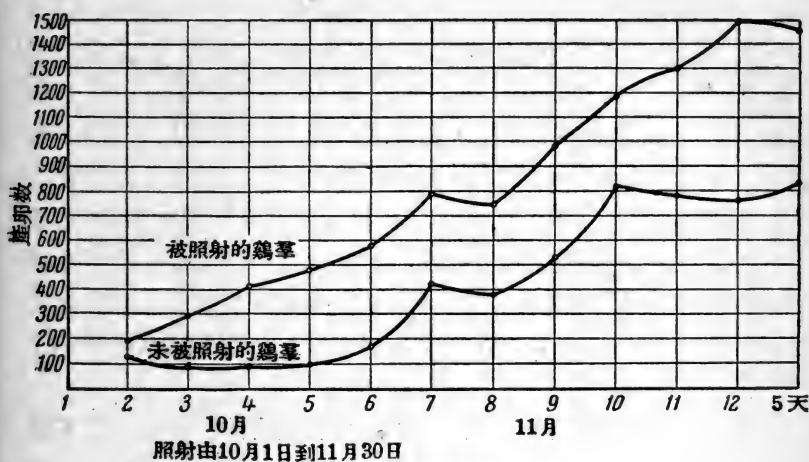


图 5. 照射对鸡产卵率的影响

具有电車导电竿供电裝置的灯 (图 6) 是比較完美的。它同样的是由支承結構、移动裝置和电的部分構成。这里支承部分是固定于天花板的撑架上的用条形鋼做成的吊軌。

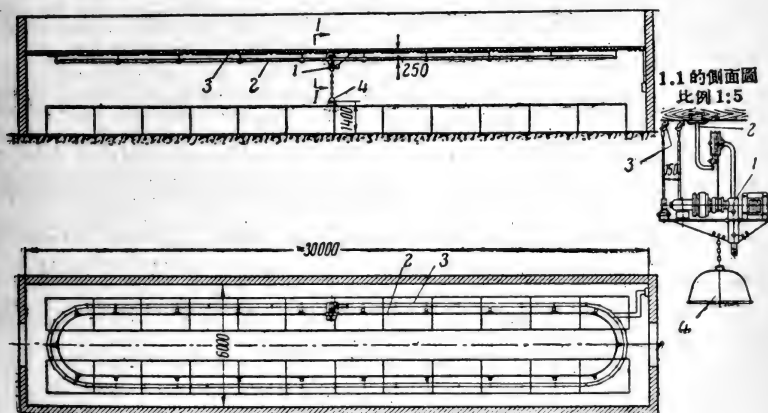


图 6. 具有电車导电竿的照射裝置图

移动部分乃是由在輪子上沿着吊軌(2)滾动的托架,和支承的傳动机构成,后者是由具有星式球形减速器的單相电动机(电钻)和一个石英灯的抗流綫圈(在这种裝置仅有一个灯是預先安好了的)所構成。灯和电动机的供电是由电車滑接的方式从两个条形汇流排来完成的。条形汇流排与吊軌(3)(汇流排由从集电器那面鍍銅的条形鋼構成)并列配置着。托架的下部小鏈上悬挂着在方形反射器(4)中的 ПРК-2 牌的石英灯。当电动机开动时,托架就沿着环形吊軌在畜欄上面以一定的速度移动。为了使托架停止移动,預先裝有两个控制綫路。一个是以長距离的接触点来控制托架停止的綫路,另一个是直接由手来控制。在两个綫路中預定了当托架走到起始位置后电能自动切离。

电車导电竿的裝置較前面电纜裝置有很大的优越性:它不需要附加構件,例如帶有供給灯以电流的电纜的滾筒,不需要繞上和繞开电纜的單独裝置。不要在畜欄上拉紧的弦杆,因为当托架移动时,它会垂下来因而破坏了灯与照射物間距离的精确性等等。两个外接的裝置在运动中較方便、容易和可靠,而更重要的是它能同时照射很多仔猪。

1952年冬天这种裝置曾在烏赫托姆区莫斯科省別得洛夫国营农場試驗过。試驗組是 1,100 头仔猪,对照組是 700 头仔猪。

家畜的照射是每夜用以下的方法进行的:照射的头 4—5 天是隔日进行;而后連續 20 天,天天照射直到断乳。以后中断 10 天,然后再一次的照射断乳仔猪。如此,仔猪到 4 个月后每头仔猪得到 40 次照射,也就是从分娩到断乳 20 次和从断乳到 4 个月时 20 次。用在長方形反射器中的 ПРК-2 牌灯照射。开始的电流是 6—7 安培,工作电流是 3.75 安培。电力网的工作电压是 320 伏,功率为 350 瓦特。

試驗进行期間在国营农場曾觀察了生病的仔猪(下痢、肺炎)。当用照射的治疗剂量时(20 和 30 分鐘)可以完全治好。

試驗的結果如表 4。

表 4 照射对仔猪体重的影响

組 別	每組头数	2 个月断乳时 体重(公斤)	4 个月时的 重量(公斤)	與对照組比, 增重的%	到 4 个月时支 出的%
对照組	700	14.4	36	100	5.6
試驗組	1,100	17.0	45	125	2.2

照射的經濟效率以数目字表示如下:上面試驗組(1,100头)中每头仔猪在照射的 4 个月中按每头增重 9 公斤;如此,由于照射而得到的額外产品为 $1,100 \times 9 = 9,900$ 公斤。

在一个猪舍中照射 40 次消耗了 168 瓩-小时的电能,那么,在 5 个猪舍里为 $168 \times 5 = 840$ 瓩-小时,总計 840×40 戈比(电的价

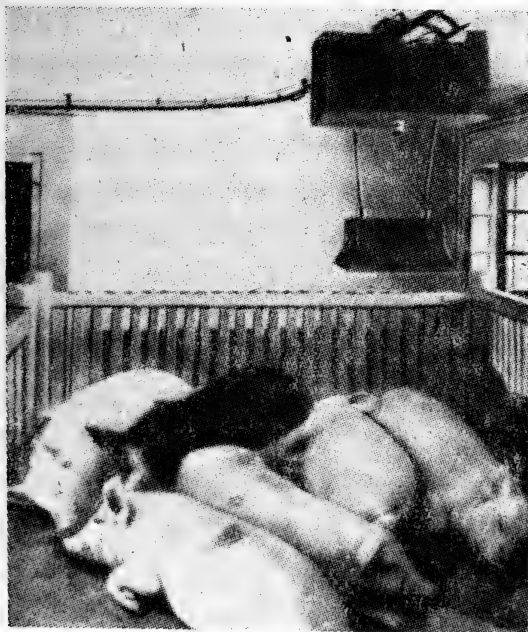


图 7. 用具有电車导电竿的紫外綫照射仔猪

格) = 336 盧布。一头仔猪在 4 个月里的电能的消耗为 28 戈比。用在使猪舍设备机械化上的用费可在头 2—3 个月里由照射而得的产品补偿。

主要设备吊路, 电车滑接线和移动的托架(包括内部物件)——在仔细保管和使用时能够用很多年; 仅石英灯需要更换, 其价值为 60 盧布。照射不需要单独的工作人员。这个工作可以由值夜班的人或由车间的工作队长执行。必须指出, 当大批生产时装置的价值可以大大地降低。

根据已做过的工作可以得出以下的结论。

1. 用紫外线照射农畜是改进家畜管理条件和使这些条件接近于自然光照的措施。在预防农畜疾病和增加其生产率的措施方面, 紫外线的放射有充分的权利可以而且应当占有极高的地位。在今天, 这种措施必须普及到大多数的畜牧场, 尤其是国营种畜场中去, 首先应普及到牧场不足或缺乏牧场的区域和某些日照不足的区域。

2. 根据全苏农业电气化研究所在生产条件下和牧场的实际工作者一同进行的实验指出, 在秋冬和早春大量的照射仔猪在技术上是有可能的和有效的。在今天照射装置的结构十分令人满意的解决了在猪栏里照射仔猪和母猪的任务。

3. 必须迅速地组织照射装置的生产, 并广泛的运用到国营农场和集体农庄的畜牧场。农业电气化的发展使这种可能性完全成为现实, 而生产的规模愈大则它的应用变得愈有利。

[李 岫译. 作者: А. Е. Новикова. 原题: Использование ультрафиолетового облучения в животноводстве и птицеводстве.]

激紅灯的紫外綫照射和維生素 D 在 抗佝僂病方面效果的比較

Н. М. 唐采格 Д. М. 傑米娜

(苏联医学科学院公共卫生和市政卫生研究所)

在小儿科和动物飼养的实践中，为了預防佝僂病广泛地利用維生素 D 制剂或者含有維生素 D 的照射产物（如魚肝油等）；而較少地采用紫外綫照射。这种情况是直到目前仍宁願应用維生素 D 制剂的結果。

用同时发出長波和短波紫外綫的水銀-石英灯来照射儿童和动物时，需要医生或兽医細心的照看和精密的控制照射用量。

但是，如实验所表明，在長期缺乏紫外綫照射的条件下，只靠了应用維生素 D 并不能在所有情况下都能成功地預防佝僂病的发展，此时如果应用了長波的紫外綫照射，在一定条件下可以得到有效的結果。

在我国的北方依靠紫外綫照射来預防佝僂病有重大的意义。这些地方与中緯度地帶相比較，有較低的及不均匀的紫外綫輻射强度。此外，严寒的气候限制了儿童們在新鮮空气中的停留，而这样也就减少了利用自然的紫外綫照射的可能性。

在这种情况下，看来是存在着利用人工紫外綫光源的迫切必要性——激紅发光灯（эритемная люминесцентная лампа）照射裝置——目的为补偿自然紫外綫照射的不足。

激紅发光灯与发光灯（осветительная люминесцентная лампа）的差別在于：第一点，具有低限为 280 毫微米的透紫外綫

的玻璃柱, 第二点, 有特殊的螢光物質組成。激紅發光燈中所採用螢光物質(被鉈活化了的磷酸鈣和磷酸鋅)的放射接近最大激紅效应的波長範圍。

激紅發光燈比水銀-石英燈的有利點在於其光譜的組成及紫外綫照射的強度。

在激紅發光燈的光譜內幾乎沒有促佝僂病作用的短於 280 毫微米的光。此種燈發射出波長範圍為 280—380 毫微米的紫外光, 而最強區域在 313 毫微米範圍內。激紅燈的紫外綫照射具有自然日光的紫外綫的性質, 亦即生成色素(晒黑的)、使發紅和抗佝僂病的作用。激紅燈的紫外綫照射強度約比最低強度的水銀-石英燈 ПРК-2 小幾十倍, 這樣在採用它時紫外綫照射過量的危險很小。

* * * *

在我們所進行的研究中已經作了比較紫外綫照射和經口輸入維生素 D 的抗佝僂病效果的嘗試。

曾用在實驗動物身上(大白鼠)預防和治療佝僂病的方法來進行激紅燈抗佝僂病作用的評價。大白鼠的佝僂病用 X 射綫根據後肢骨化的狀態及用生物化學的方法——根據血中的無機磷的含量及磷酸酶的作用來診斷。

研究在兩個方向進行: 1) 在動物上預防和治療佝僂病的實驗及 2) 觀察處於紫外綫不足條件下的兒童。

1. 紫外綫照射與維生素 D 對大白鼠佝僂病預防和治療的影響的比較評價

在預防大白鼠佝僂病的一系列實驗中, 在換成促佝僂病食餌的同時開始用預防性的紫外綫照射。實驗動物分為 4 組, 每組 20 個動物。2 組動物每天受到激紅燈的紫外綫照射。其中的 1 組每天受照射 0.1 激紅劑量(эритемная доза), 第 2 組——0.2 激紅劑量。第 3 組不受照射, 但每天給予一個國際單位的維生素 D。

第4組作为对照組(得不到維生素D并不予照射)。在照射終了时(20天)測定所有大白鼠血液的碱性磷酸酶和血液中的无机磷数量。在实验終了时,在所有的大白鼠身上曾作了后肢的X光照象。佝僂病的严重程度按照五級来确定。

实验动物的照射剂量根据文献上的資料来确定,在文献上談到0.1的激紅剂量可防止佝僂病的发展[加拉宁(Галанин Н. Ф.)等]。在我們的处理中当照射距离为50厘米、时间为30分鐘时得到了需要的效果。同时考虑到紫外綫的照射为被毛吸收,所以我们增加照射时间第1組达90分鐘,而第2組达180分鐘。

在表1中介绍了关于不同組动物佝僂病严重程度的X射綫的数据。

表1 根据X射綫研究的数据表明大白鼠佝僂病的严重程度

組 別	大白鼠 数目	在实验終了佝僂病严重 程度的大白鼠数量					大多数的佝 僂病程度	
		正常	1	2	3	4	实验开始	实验終了
照射0.1激紅剂量	20	10	6	3	1	—	正常	1
照射0.2激紅剂量	20	17	2	1	—	—	正常	正常
得到1国际單位的維 生素D	20	10	7	3	—	—	正常	1
对照組	20	—	—	2	9	9	正常	3和4

正如此表所示,在换成促佝僂病的食餌之前,所有的大白鼠都是健康的。在实验終了时受到照射的或得到維生素D的大白鼠,只发现有輕度的佝僂病,而此时在对照組大多数的动物的病是十分严重的。应当指出,每天得到0.2激紅剂量的那組大白鼠,在20个动物之中得輕度佝僂病的(第1及第2級)只有3个,此时每天得到維生素D的那組大白鼠,患第1和第2級佝僂病的有10个。

在表2中提供了各組的大白鼠血液中无机磷的含量。在表的

左边部分给出按个别动物每组的特征，而右边——在全组中平均的，最大的以及最小的含磷量。

表 2 血中无机磷的水平

组 别	大白鼠 数目	具有磷的水平(毫克%) 的大白鼠数							磷的平 均水平	在磷的含 量上个体 间的变动
		2	3	4	5	6	7	7 以上		
照射 0.1 激红剂量	20	—	—	—	10	5	3	2	5.44	4.22—7.69
照射 0.2 激红剂量	19	—	—	1	—	3	3	12	8.79	3.60—12.52
得到 1 国际单位维 生素 D	20	—	—	3	10	7	—	—	4.65	3.52—5.88
对照组	20	1	8	8	3	—	—	—	3.11	1.48—4.55

在比较用紫外线照射和给与维生素的抗佝偻病的作用时必须指出，照射比给与维生素有更大的预防效果：在照射组中有很多数量的大白鼠比得到维生素 D 组的大白鼠血液中有比较高的磷的水平。在得到 0.2 激红剂量的组中，几乎所有的大白鼠（19 个中的 18 个）的磷的水平都为 6 毫克%或高于 6 毫克%，而得到维生素 D 的组中，在 20 个之中仅有 7 个大白鼠的磷的水平为 6 毫克%。

血中磷酸酶活性的变化同样也可以作为患佝偻病的早期症状之一。在实验动物血中碱性磷酸酶活性的研究结果如表 3 所示。

表 3 血中碱性磷酸酶的活性

组 别	大白鼠 数目	以条件单位具有磷酸 酶活性的大白鼠数目						磷酸酶的 平均活性
		55	67	80	100	120	150	
照射 0.1 激红剂量	20	1	1	5	7	3	3	117
照射 0.2 激红剂量	20	2	4	7	5	2	—	83
得到 1 国际单位维 生素 D	20	2	3	6	6	5	1	102
对照组	20	—	—	6	2	6	6	110

所得的数据証明, 当从飼养中完全除去維生素D及脂肪物質时, 只靠了照射, 也可以得到在每天供給有机体以維生素D时所得的結果。除此之外, X射綫的研究和血中无机磷水平的确定数据, 在足够的程度內明确表明, 照射比經口輸入維生素D表现出更好的預防作用。

在实验佝僂病治疗的一系列实验中, 把飼养健康的大白鼠的飼料换成发生佝僂病的, 并且当在其临床照片上出現佝僂病以后开始用激紅发光灯照射。在这一系列实验中有2組照射的和1組对照的(对照組分成两半: 10只大白鼠得到維生素D而10只大白鼠得不到維生素D)。在每組中有20个动物。全部实验中共有60只大白鼠。实验表明, 当治疗佝僂病时使用紫外綫照射是可以有效果的。照射結果可見表4的数据。

表4 根据X射綫研究的数据表明大白鼠的佝僂病严重程度*

組 別	大白鼠 数目	占多数的佝 僂病的程度	实验終了时佝僂病的 严重程度的大白鼠数		
		实验开始时	正 常	I—II	III—IV
照射0.1 激紅剂量	10	严重	1	7	2
照射0.05 激紅剂量	10	严重	0	6	4
对照組 (1 国际單位 維生素D)	10	严重	4	4	2
对照組(无維生素D)	10	严重	0	0	10

* 并未研究所有的实验动物, 而只在每組中研究了10个动物。

根据大白鼠佝僂病临床鑑定的結果, 在表的右面部分指出各組在照射結束后的特征, 在表的左面部分說明在实验开始时占多数的佝僂病严重程度。

在实验終了时对照組中所有的大白鼠都有严重程度的佝僂病, 而得到0.1 激紅剂量的組中, 大多数都只有輕微程度的佝僂

病。

但是甚至于在得到 0.1 激紅剂量組的大白鼠中，也沒有看到完全恢复健康的。在得到維生素D的大白鼠的組中，动物按佝偻病严重程度的分布說明較多数目的大白鼠实际上是健康的而帶有輕微程度的佝偻病。

根据血中无机磷的含量的数据見表 5。

表 5 血中无机磷的水平(毫克%)

組 別	大白鼠 数目	具有以下磷的水 平的大白鼠数				平均磷 的水平	磷的含量的 个别波动
		1—2	2—3	3—4	4 以上		
照射 0.1 激紅剂量	10	—	6	1	3	3.33	4.36—2.17
	10	1	2	3	4	3.39	4.46—1.64
照射 0.05 激紅剂量	10	4	5	1	—	2.19	3.15—1.80
	10	2	8	—	—	2.33	2.88—1.62
得到 1 国际單位維生 素D	10	—	7	3	—	2.92	3.34—2.59
对照組	10	5	5	—	—	2.10	2.89—1.16

由此表中的数据可見，在得到 0.1 激紅剂量的組內血中具有較高磷水平的大白鼠数目为：在 20 个之中只有 1 个具有低的磷的水平（低于 2 毫克%），此时对照組的全部大白鼠的一半低于 2 毫克%，与此同时另外的一半也只是稍微的高一点——全部低于 3 毫克%。得到 0.05 激紅剂量的大白鼠按血中无机磷的含量来看，几乎与对照組的大白鼠没有什么区别。

所得的實驗数据証实这样一点，照射的抗佝偻病的效果表現得足够高。由此可作出結論，激紅灯的照射具有高度的生物化学活动性。

2. 紫外光照射和維生素D 对儿童佝偻病过程的影响的比較评价

在苏联北方的一个地区內对 2 組儿童进行观察,全部为 27 人。按营养性質(一般的都是完全滿意的),按一般的生活方式,年龄及佝僂病程度尽可能地分为均匀的組。第 1 組受到系統的照射,由 11 人組成。第 2 組不受照射,由 16 人組成。在开始照射之前 2 組均受到了临床檢查。此外,所有的儿童均进行了血中碱性磷酸酶的測定。临床檢查和生物化学研究的数据完全很好的符合。照射进行了 2 个月,然后重新进行了 2 組的磷酸酶的測定。

2 組按在血液中磷酸酶的活性在开始观察时彼此很少有区别(1 組磷酸酶的平均活性——152 条件單位,而另 1 組——165 条件單位)。经过 2 个月以后,在照射組的活性降低到 92 單位(正常者 80—100 單位),而此时只得到維生素 D 的組,磷酸酶的活性只降到 154 單位。

尽管在照射組的 11 个儿童中有 7 个完全沒有得到維生素 D,但是我們一次也沒有看到磷酸酶活性的升高。在未經照射組的磷酸酶活性降低的有 7 人,无变化的 5 人和升高的 4 人。

这样,处于营养比較好的条件下,但是受到紫外綫照射不足的儿童,尽管在食物中有足够量的魚肝油和維生素 D,但血液中仍有較高的磷酸酶的水平。在这种条件下人工的照射起着无可怀疑的医疗效果,而只靠在食物中單單加入維生素 D 是不能达到这种效果的。

基于上述数据可作以下結論:

1. 紫外綫照射是并不低于給动物維生素的有效的抗佝僂病的方法(在某些情况下只用紫外綫照射可以得到高的抗佝僂病的效果)。
2. 有充分的根据推測,首先在紫外綫照射不足的条件下,象在冬季,特別在我国的北方,用激紅灯照射动物可以得到良好的效果。

用長波紫外綫来照射农畜和家禽可以作为預防佝僂病和提高

产品的生产率的有效措施。

参考文献

1. А л е н ц е в М. Н. и др. 1951. Люминофор с ультрафиолетовым излучением для люминесцентных ламп. Третье совещание по люминесценции и применению светосоставов АН СССР. Москва.
2. В а д и м о в В. М. 1945. Биологические и спектрографические методы исследования препаратов витамина Д. Пищепромиздат. М.
3. Г а л а н и н Н. Ф. 1950. Проблема ультрафиолетового излучения в гигиене. Ультрафиолетовое излучение и гигиена. Изд. АМН СССР.
4. Г а л а н и н Н. Ф. 1952. Гигиеническое обоснование нормирования ультрафиолетового потока искусственных источников излучения. Гигиена и санитария, № 8.
5. Д а н ц и г Н. М. 1952. Гигиеническое значение ультрафиолетового компонента в системе искусственного освещения общественных и жилых зданий. Всесоюзная плано-тематическая конференция по коммунальной гигиене АМН СССР. Москва.
6. Д а н ц и г Н. М. и З а б а л у е в а А. П. 1953. О борьбе с ультрафиолетовой недостаточностью. Врачебное дело, № 12.
7. Д е м и н а Д. М., З а б а л у е в а А. П. и К а н д р о р И. С. 1954. Гигиеническая оценка влияния недостатка естественного ультрафиолетового облучения. Гигиена и санитария, № 1.
8. Е ф р е м о в В. В. 1939. Важнейшие авитаминозы человека. Медгиз.
9. З а б а л у е в а А. П. 1953. Гигиеническая оценка ультрафиолетовых излучений солнца в промышленном городе. Автореферат. АМН СССР, Москва.
10. К а п л а н с к и й С. Я. 1938. Минеральный обмен. Медгиз.
11. К р и ч а г и н В. И. 1952. Вопросы нормирования ультрафиолетового излучения, применяемого в гигиенической практике. Автореферат. ВМА. Ленинград.
12. К р и ч а г и н В. И. 1954. По поводу статьи Я. Э. Нейштадта «Эритемные люминесцентные лампы». Гигиена и санитария, № 1.
13. Л а з а р е в Д. Н. 1951. Биологическое значение эритемных ламп. Третье совещание по люминесценции и применению светосоставов АН СССР, Москва.
14. Н е й ш т а д т Я. Э. 1952. Эритемная люминесцентная лампа. Гигиена и санитария, № 7.
15. П а р ф е н о в А. П. 1950. Световое голодание человека. Изд. ВММА.
16. Т у р В. А. 1945. Рахит. Медгиз. Л.
17. Т ю к о в Д. М., К р у п и н а А. П. и П о н о м а р е в а А. М. 1954. Спектральная характеристика и бактерицидный эффект излучения эритемных люминесцентных ламп. Гигиена и санитария, № 1.
18. Ф у н к К. 1922. Витамины и значение их для физиологии и патологии. ГИЗ. М.
19. Ч е р к е с Л. А. 1929. Витамины и авитаминозы. Госиздат.

[李琨瑛译. 作者: Н. М. Данциг, Д. М. Демина, А. П. Забалуева, И. С. Кандрор. 原题: Сравнительная оценка антирахитического действия ультрафиолетового излучения эритемных ламп и витамина Д.]

紫外綫在食品工业中的应用

Н. Ф. 加拉宁 Н. А. 郭洛夫金

(С. М. 基洛夫軍医大学, 列宁格勒冷藏工业技术研究所)

由于各种微生物的作用, 使食品工业的商品品質降低。有时甚致完全腐坏。給人民經濟带来了巨大的損失。

在工业条件下应用了許多方法和有害的微生物进行斗争, 但它們差不多都存在着各种不同的缺点, 在很大程度上減低了所进行的措施的效力。因此消灭微生物和消除微生物繁殖的可能性, 特别是在食品产品的生产和儲存上, 直到現在仍是一个重大的問題。

众所週知, 紫外綫和部分可見光譜的射綫, 具有着杀菌剂的作用。

現在测定了有杀菌作用的紫外綫的波長范围是自 $\lambda = 313.0$ 毫微米到 $\lambda = 220$ 毫微米。在 $\lambda = 253.7 - 265.4$ 毫微米时具有着最大的作用。分布在这边界两边的波長杀菌效力較小, 如表 1 所示。

表 1 射綫的杀菌能力

波長(毫微米)	相对杀菌作用	波長(毫微米)	相对杀菌作用
225.9	0.33	292.5	0.23
235.3	0.50	296.7	0.13
239.9	0.62	302.2	0.045
244.6	0.73	312.9	0.008
248.3	0.84	334.1	0.0013
253.7	1.00	365.4	0.00023
257.6	1.00	404.7	0.00009
265.4	0.96	435.8	0.000058
270.0	0.87	546.1	0.000031
275.3	0.72	578.0	0.000028
280.4	0.57	683.0	0.000020
289.4	0.31		

从表中可看出, 如果令射线 = 235.7 毫微米的杀菌作用等于 1.0, 则射线 $\lambda = 225.9$ 毫微米的作用将等于 0.33, 而可见光则为 0.00009 甚至更小。这样为了有效地杀菌就需要比紫外线能量更大的光线。

这些材料也指出, 各种射线实现杀菌作用所需的时间是不一样的。在紫外线照射下细菌死亡在 $\lambda = 280-210$ 毫微米的区域需要 2—30 秒, 而在中间区域的射线则需要数千秒 ($\lambda = 210-200$ 毫微米要 120 秒, $\lambda = 330-300$ 毫微米要 1,920 秒等)。

紫外线的杀菌作用

杀菌流量 (бактерицидный поток)——这是以杀菌效力来计算的射线能强度。

$$F_{\lambda\delta} = K_{\lambda\delta} \cdot F_{\lambda}$$

对于 253.7 毫微米的射线, 它的杀菌能力 $K_{\lambda\delta} = 1$, 因此杀菌流量 $F_{\lambda\delta}$ 等于射线流量 F_{λ} ; 对其它波长的射线 $F_{\lambda\delta} < F_{\lambda}$ 甚至等于零。复合杀菌流量等于各种波长的杀菌流量之和。

$$F_{\delta} = \sum F_{\lambda\delta} = \sum K_{\lambda\delta} \cdot F_{\lambda}$$

计算光源的复合杀菌流量时, 先计算它各部分射线的杀菌流量, 将所有的数值相加后就等于复合杀菌流量。用这方法计算了各种光源, 得到下列总照度 (表 2)。

表 2 杀菌流量和不同光源的紫外线照度*

光 源	总紫外线照度	杀 菌 照 度
	微瓦/平方厘米	微杀菌照度/平方厘米
太 阳	4700	5.0
白 热 灯	10	0.0075
ПРК-4 型灯	380	51
ПРК-2 型灯	790	110
БУВ-30 ВТ	63	43

* 上表是根据 Д. Н. 拉扎耶娃的计算。所列的是距人工光源 1 公尺处所产生的照度。参阅拉扎耶娃的“紫外线放射”, 1950 年。

在举出的表中照度 E_{λ} 以微瓦/平方厘米表示; 相对应的杀菌照度以微杀菌照度/平方厘米来表示,

$$E_6 = \sum K_{\lambda 6} \cdot E_{\lambda}.$$

十分明显。对于各种目的物照射的时间越长, 则杀菌效力越大。这样决定杀菌效力的就不只是照度, 还有照射该目的物的时间。

$H_6 = E_6 \cdot t$ ——杀菌照射剂量。

杀菌照射剂量是取 1 分钟照射在 1 平方厘米上的微杀菌照度——微杀菌照度-分/平方厘米为单位。

在 10 微杀菌照度-分/平方厘米下杀死将近 90% 的细菌, 而 50 微杀菌照度-分/平方厘米则实践上有完全消毒作用。由此, 在采用杀菌必需的 50 微杀菌照度-分/平方厘米杀菌剂量时, 利用表 2 就可计算出用不同光源照射杀菌所需要的时间。这样, 对于消灭空气中的肠杆菌, 在阳光下需要 10 分钟。水银光源当相距为 1 公尺时为 0.5—1.0 分钟(生孢菌类大约比肠杆菌稳定到 50 倍)。

在测定紫外綫对细菌特别是霉菌作用的效力时, 我们得到了下列的基本结论。

根据研究各种对象所获得的试验材料可以确定, 在紫外綫下接种在培养基上的细菌细胞的死亡与射綫的能量间成半对数关系。这关系说明同一种类细菌的细胞对照射能的抵抗力并不都是一样的。大多数细菌(达 70%—80%) 在一定的能量下死亡。在较少的能量下, 对照射作用抵抗力较弱的 20%—25% 的细菌发生死亡。剩下的细菌——20%—30% 是较稳定的, 要杀死它们需要比消灭大多数细菌大 2—3 倍的照射能。

对于不同种类的细菌, 要达到相同的杀菌效果, 就需要不同量的照射能, 对 *Achromobacter* 照射所需的能量比对 *Bacterium coli* 要大 6—7 倍。

被照射物的表面状态对照射效果有着很大的影响。例如, 黏

液菌在自然培养基上(肉, 魚, 干酪等食品)比在人工培养基上表现出更大的抵抗力。这是因为有了粗糙表面的保护作用及保证微生物可以进入食品较深地方的渗透现象所造成的。

照射在人工或自然培养基上由接种细菌而形成的群体时, 沒有获得良好的结果。因此在食品儲存上利用紫外线照射来预防某些食品上已发生的细菌黏液的发展是不妥当的。

观察证明, 并不是霉菌发育的全部无性时期对紫外线都比孢子不稳定, 例如: *Penicillium glaucum* 在形成孢子的时期在紫外线的作用下并不死亡, 只不过发生一些重要的可逆变化。霉菌的这种特殊行为使我们作出了对于紫外线在食品工业中的实际应用来说十分重要的结论, 这就是——利用紫外线不能消灭已经长出孢子的霉菌。霉菌对于紫外线的稳定性多少还要决定于外界条件, 首先就是环境的温度与湿度。

根据我们的观察, 在较高的温度下(对霉菌生长不是最有利的)照射效力增加。

减低温度到 -70°C 时能强烈的杀死孢子。这时可以发现, 在 -5°C 到 -70°C 的温度范围内, 用照射杀死霉菌的效力虽然比适宜的温度显著减低, 但差不多没有什么改变。

受过不良温度影响后的孢子变得对射线能较敏感, 它比未遭到低温影响的孢子容易死亡。

根据已进行过的观察, 可以确定, 几个短期照射的效果和一个长期的一样。也就是紫外线的作用有积累的特性。在总和上等于致死剂量的分散小剂量紫外线对孢子积极作用的可能性使我们对于有效地利用紫外线来显著地改良各种不同食品加工和贮藏的条件有了信心。这些观察也给予了我们根据来作出这样的结论: 即把合宜的低温和紫外线照射联合起来应用是很有利的。

在各种不同的温度条件下所进行的霉菌发育的试验观察(在 $+27^{\circ}$ — $+2^{\circ}\text{C}$ 的范围内), 可使我们作出在霉菌发育的温度条件

下它們的生長和紫外綫作用效力間的图表关系。得到的关系可以帮助我們選擇对于保存在不同溫度下的食品的照射制度。这关系指出微生物发育的溫度越低,則可照射得越少。

已經确定,在一定範圍內接种在人工培养基上的孢子密度对照射效果沒有影响。但是由于在食品上的微生物数量可能发生非常多,因此可以确定,如果已受感染的食品具有粗糙表面时,对照射效果会起着很大的影响。

应当指出,由空气中感染食品的微生物群比起由液体中感染食品的微生物群在射綫能的影响下更容易死亡。

观察被照射过的霉菌的后代对于重被照射的关系时証明,在小剂量杀菌照射下所获得的抵抗性比起致死剂量的照射大。

在研究細胞对于照射的稳定性上未得到什么結果,因为稍許加大照射剂量就引致微生物死亡。

这些指出了在食品企业的条件下还有应用射綫能和对紫外綫很不敏感的霉菌孢子进行斗争的可能。

用紫外綫消毒空气与容器

直到現在为止,在冷藏庫,倉庫和其它食品企业的車間里用来消毒空气的各种物理方法中,紫外綫消毒法是用得最少的。这一方面由于工业生产的能滿足食品工业条件的光源数量有限,另一方面則由于缺乏研究好了的和經過考驗的車間空气消毒方法。

我們进行过的研究証明,研究射綫能对微生物的影响时,應該考虑到微生物的敏感性是依它所处的不同介質为轉移的,也要考虑到介質本身的保护性質。例如曾发现在空气中的孢子比起在固体培养基中的孢子不易受到紫外綫的破坏作用。

如果由在不同介質中的微生物的狀況的角度来研究紫外綫对微生物的影响,那末在空气中霉菌孢子对射綫較少敏感性就很容易解釋。空气中孢子永远是較干的,食品中繁殖的孢子則是湿的,而

我們已經知道了干孢子比起湿孢子对外界影响有更强的稳定性。

如果同一問題从另一角度来看，考虑到介質对射綫效果会引起什么影响，那么回答可以是相反的。在空气介質中，孢子处在悬浮和运动的状态，它們比起处在任何液体或固体中的孢子在紫外綫的作用下更容易死亡。这是因为在液体或固体中的一些孢子可以完全地或部分地免遭照射。

空气介質的状态与性質可以强烈地影响照射效果。因此，清洁空气以除去机械的悬浮物，是用射綫照射消灭微生物时获得最大效果的必要条件之一。在食品車間的条件下空气的湿度在63%—95%之間，对照射效果没有什么影响。

在食品的加工和儲藏的条件下，微生物尘对微生物在仓房，冷藏庫及生产車間中的傳播有着最大的危險性，由于空气对流微生物尘呈悬浮状态。广泛使用的鼓风机和通风扇都可使空气中的微生物呈飞揚状态。

細菌尘在空气中升起后，无论它是在水平方向或是在垂直方向移动都只需要很小的空气速度。我們的观察証明在冷藏庫及生产車間中，空气流动的速度在0.05—0.2米/秒之間，这完全可以保証微生物在空气中呈飞揚状态。因此应用紫外綫进行空气消毒應該是特別有效的。

在65立方米大小的房間內用功率40瓦的光源每晝夜照射9小时就可以强烈地减低空气的感染性，在个别的情况下消灭空气中細菌及真菌的效力可以达到99%。

在以С. М. 基洛夫命名的列宁格勒肉品联合制造厂（Лен-мясокомбинат）的車間所进行的生产試驗，空气消毒获得了巨大的照射效果。

在照射空气的試驗中不但利用了直射光綫，而且也可以利用散射紫外綫。用这方法时只有室內頂部的空气受到照射，照射时的時間較長或者是連續的照射。由于始終存在的热流，足可以使

空气有效地对流,因此全部体积内的空气渐渐地都能被照射到。

进行的观察使我们能够向许多企业中推荐运用较新的和较有效的空气消毒方法。例如在列宁格勒冷藏联合工厂 (Ленхладкомбинат) 中冷冻冰淇淋混合物 (смесь для мороженого) 的地方应用空气照射,在那里由于在敞开的表面上冷却混合物因而不可避免地会被微生物不断地接种。因此在列宁格勒第六冷藏库中应用了照射。在柠檬酸工厂中安置紫外綫装置,可以杀死对柠檬酸的产量及品质有很大影响的微生物群。现在大多数柠檬酸工厂中都是用弗尔马林来消毒,但这方法是十分麻烦并且对环境是有害的。在柠檬酸工厂的新的设计中建议采用照射方法,这种方法在我们看来它不仅可以保证进入车间的空气除去了机械的污秽,也除去了微生物。

在肉品工业中生产腊肠产品时要使肌肉组织与骨组织分离 (剥离过程)。同时,由试验材料可以知道,用来制造腊肠的肌肉表面上的细菌接种率,在一些情况下比最初的接种率 (细菌基本上由空气而来) 增高约 20 倍。无疑的在这种车间里应该广泛地采用紫外綫照射。

在生产半熏腊肠的干燥过程中,常常在腊肠表面出现霉菌,因此不但要补充处理它的费用,并且还会使产品质量降低。在列宁格勒肉品联合工厂干燥车间中应用紫外綫照射得到了满意的效果。

众所周知,在车间中从容器里把各种食品分装和包装的过程中,会落入大量的微生物,以后它就成为食品被感染的来源。无疑地,在这种仓库车间里,紫外綫应被广泛地采用。

正确的说:很难找出一个食品工业部门在那里找不到用紫外綫进行空气消毒的方法的用处。

紫外綫在改善食品车间的一般卫生状况和提高食品产品的质量上应起着巨大的作用。

在食品工业,贸易和饮食企业上射綫能被用来消毒容器,包装

材料,工作地点,技术装备和工具和其它須要的地方。

依格那托維奇(З. А. Игнатович)和欧列涅沃(Е. А. Оленевой)在审查照射被寄生的木質表面的效力时証明,在几分鐘內(2—4 分鐘)腸杆菌,葡萄球菌和霉菌孢子可完全被消灭。正和預料到的一样为了完全破坏霉菌孢子仍需要較長的时间(15—60 分鐘)。木質表面上有可見的污物时也消毒。

細菌和霉菌在金屬表面上(鍍鋅鉄皮)比在木質表面上死亡得快得多。在这种情形下,消灭腸杆菌和葡萄球菌只要 20 秒,而消灭霉菌的孢子——不超过 5 分鐘。

在列宁格勒冷藏联合工厂为了消毒存放牛奶,奶油和冰淇淋混合物的罐子,而特制了一种可携帶的裝置,此裝置放在罐里,在里面移动不長時間,就可足够地將罐消毒。

紫外綫的应用使我們可能提出这样的建議,如果不是全体地,那么也可部分地用它来代替十分笨重而昂貴的湿法消毒(用热水、蒸气)。

对肉类及肉制品的照射

在列宁格勒 C. M. 基洛夫肉品联合工厂的實驗室条件和工业条件下对肉类及腊腸制成品等产品在这方面都进行了試驗。

沒有照射的腊腸保存在平均气温 $+4.2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 85% 的条件下,在第 11 天因为在腊腸表面盖滿了黏液被从儲藏中取掉。而腊腸的試样如果每晝夜一次照射 3 小时(平均气温 $+6.4^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 90%) 則可保存 24 晝夜。

定期照射半胴的肉,由于空气中的微生物被消灭不能繼續感染,而能使肉中微生物的数量保持在极低的水平。

当肉表面細菌量不太多时深层可保持着相当消毒的状态。未經照射而經過初步处理的肉只能保存 11 天,这样就須要較快地进行工业加工。而同时經過定期照射的肉儲存了 30 天仍完全沒有

什么变化。

在实验室研究的结果中确定,生肉、熟肉及腊腸等在照射后都可以获得杀菌性質。譬如经过照射 2 小时的肉片在被空气中的霉菌孢子接种后能够显著地抑制霉菌的生长,并不是所有的孢子都能发育成群体。在最好的发育条件下这种抑制性可以达到两晝夜。而成长的群体只有对照的 65%。在实验样本中群体的大小也比对照样本小得多。在不良的条件下,例如在气温 $+2^{\circ}\text{C}$ 时,在预先照射过的肉产品上霉菌发育期的延长可达一个月。由于表面灭菌而形成的对霉菌发育的抑制作用是很巨大的,所以利用它可以很成功地延长冷肉的储存日期。

在上述的基础上我们提出了新的肉类的冷冻和在高温下储藏它们的方法。把储藏温度从 $0^{\circ}-2^{\circ}\text{C}$ 提高到 $7^{\circ}-8^{\circ}\text{C}$ 可以大大地加快肉的成熟过程(许多生物化学过程的综合),并使它带着很高的质量指标而送到商业网中去。

干酪的照射

干酪在储存时的长霉和细菌腐败给国民经济带来了巨大的损失。找出在干酪储存过程中与霉菌斗争的方法是一项很重要的任务。与其它方法同时也试验了紫外线的方法。Г. Г. 依兹马依洛娃(Измайлова)所进行的初步试验证明:在 3 个月中定期受到照射的干酪头(15 次,每次 1 小时)没有发现被霉菌寄生的标志,而未受照射的干酪(对照)在第 10 天即盖满了霉菌。以上的储存试验是在气温 $18^{\circ}-23^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 100% 的条件下进行的。

在气温为 $+3^{\circ}-+4^{\circ}\text{C}$ 的生产试验条件下,预先经过 2 小时照射的干酪头在 6 个月的储藏期间中都没有发现表征霉菌的变化,而对照样本在储存的第 4 个月就开始长满了霉菌。

柑桔果实的照射

Т. П. 依里因科-彼得洛夫斯卡娅(Т. П. Ильенко-Петро-

вская) 所进行的試驗証明: 在一定的条件下紫外綫可以成功地被用来改善柑桔的儲存和减少病果。

为了闡明紫外綫在果实貯存上的作用和确定照射最适宜的溫度与時間, 曾在生产的条件下在列宁格勒果品綜合工厂的第 1 号列宁格勒商品果实蔬菜貯藏庫 (Лензаготплодо-овощторга) 中进行了 2 年的試驗。

研究的对象是阿塞拜疆苏維埃社会主义共和国齐赫斯德捷里 (Цихис-Дзири) 国营农場的翁什娜品种 (Уншна) 柑桔和栽培在地中海区的混合种檸檬。在試驗中果实有 10,000 个。

在低溫下 ($3^{\circ}-4^{\circ}\text{C}$) 应用紫外綫处理柑桔可使果实的霉菌寄生率比对照减低 50—80%。在 $+25^{\circ}\text{C}$ 的溫度下照射果实只减低霉菌病的 15—25%。

Т. П. 依里因科-彼得洛夫斯卡婭的研究証明: 小剂量的照射能够刺激霉菌的发育。在这种情况下致病果实量 (溫度 $3^{\circ}-4^{\circ}\text{C}$) 比对照增加 1 倍。在果实上的射綫杀菌作用需要 10 分鐘或更多的曝光時間才能观察到。

預先照射沒有显著的杀細菌效果。由于 *Ps. heterocephalum* 引起的柑桔病斑無論在照射的和未照射的果实上几乎都得到了相同程度的发展。

考虑到射綫对于在人工培养基上的 *Ps. heterocephalum* 有着强烈的杀菌作用 (30 秒可以完全消毒) 而对于果实的杀菌作用减弱, 可以这样解釋, *Ps. heterocephalum* 这种微生物大量地进入到果实的毛孔与气孔里, 在那里射綫的作用不能达到。

紫外綫对于果实的生物化学过程的影响已被确定。用紫外綫照射柑桔能引起果实的呼吸强度暫时的提高, 果实中的糖分也就伴随着降低。同时又闡明了不同的儲藏时期中紫外綫的不同生理作用。在采下第 1、2 个月的期間內照射果实会引起一些生物化学过程正常进程的改变。在收获两个月后用紫外綫处理果实則不会

引起任何不利的变化。因此在这个时期中可以建議用紫外綫处理柑桔。

也应该指出,果实收获后在 $+18^{\circ}$ — $+20^{\circ}\text{C}$ 的溫度下很快地就用射綫能照射成熟的蜜柑时会引起果实的灼伤。但是在 $+3^{\circ}$ — $+4^{\circ}\text{C}$ 的溫度下儲存用相同剂量射綫能照射的果实时則不会引起灼伤;但是当果实收获一个半月后再在 $+18^{\circ}$ — $+20^{\circ}\text{C}$ 的溫度下照射也不发现灼伤。

我們認為上敘的許多材料給予了我們在生产的条件下在柑桔的試驗儲存中应用紫外綫的基础。

牛乳的照射

Б. И. 切尔尼亞克 (Черняк) 研究紫外綫对于延長牛乳儲存日期的影响的工作有着无可質疑的利益。

在試驗室条件下进行的研究証明,对薄层牛乳短時間的照射(10—30 秒)有滿意的效果。如已証明了的那样,在紫外綫的影响下牛乳所发生的变化并不影响它的感官指标。

牛乳的照射显著地減低了酸度的增加;譬如在 $+5^{\circ}\text{C}$ 的溫度下儲藏 72 小时,在未照射的牛乳中酸度提高到 7.8°C ,而同时照射的牛乳中只有 1° — 1.5°C 。由此可以确信,照射过的牛乳將會更有效地經受消毒过程,因为微生物遭到照射后对热的影响有着很大的敏感性。

要了解作为射綫能生物学应用基础的各种过程就不可以缺少关于有机体中各种化合物光化学轉化和化学轉化的知識。但对这方面的研究还没有得到足够的重視。在广泛地应用紫外綫消毒食品以前,必須进行广大的工作来从各方面研究食品在照射的影响下发生的各种生物化学过程。

結 論

1. 已进行的各种研究和在食品工业的各种企业中紫外綫的

实际应用可使我們广泛地推荐这种物理因素来消毒空气, 包裝, 桶和技术設備。

2. 应用紫外綫照射食品的研究給出了滿意的結果, 这些結果不只改善了并且在某些情形下根本改变了許多技术过程。

[檀先昌譯. 作者: Н. Ф. Галанин и Н. А. Головкин.

原題: Применение ультрафиолетового излучения в пищевой промышленности.]

紫外綫照射在家禽业中的应用

II. A. 奥西特罗夫

(哈尔科夫农业机械化与电气化研究所)

用紫外綫照射农业家禽应当被看作是一种改进人工饲养家禽的条件和促使这些条件接近自然夏季环境的措施。

在全年都在籠里饲养的家禽业中，应用照射是特别有益和合适的。

全年在籠里饲养家禽的方法可以使饲养和照料的費用都减到最低¹⁾，因此这个方法广泛的被养禽业所应用。然而在籠里饲养家禽就减少了利用日光輻射的可能性。只有飼以維生素D剂料或者用紫外綫照射才可能保持正常的生产和禽类的健康。

直接用紫外綫照射是对养禽业最能获利和最有效的（在生物学方面）。

然而由于在生物学方面一些主要的問題沒有得到足够的研究和由于大量生产中照射裝置的缺乏，这种照射还没有得到足够广泛的应用。

下面介紹在养禽业中应用紫外綫照射的一些物理技术問題的解决方法。

1. 照射剂量的根据

当大量地照射家禽时，关于剂量的問題は极为重要的。为了用試驗确定最合适的照射剂量需要做一系列的工作，这些工作的

1) 在广場里饲养則每只鸡需要 10 平方米的面积。在集体农庄自由飼养的鸡房是每只鸡 0.35 平方米。在籠里飼养每平方米可以容納約 25 只鸡。

結果往往彼此并不一致。此外，这些工作也不能答复人为照射所构成的条件符合自然条件的程度。

对于自然日光的照射和水銀石英灯作計算的比較可以作为选择照射剂量的理論根据。

在計算时用的是以下的文献資料：关于在光譜中波長短于 313.5 毫微米的区域中的日光紫外綫和大气質量的关系；关于太阳光譜短波区域中能量的分布；关于符合哈尔科夫地理緯度（50 度）处气团与四季及晝夜关系的資料；关于水銀石英灯 ПРК 的光譜組成和照射功率的資料。

农业实践家們首先对照射的抗佝偻病效果发生兴趣。計算时利用了暫定的相对佝偻病效果的曲綫（图 1，曲綫 2）^[1,5]。在这个

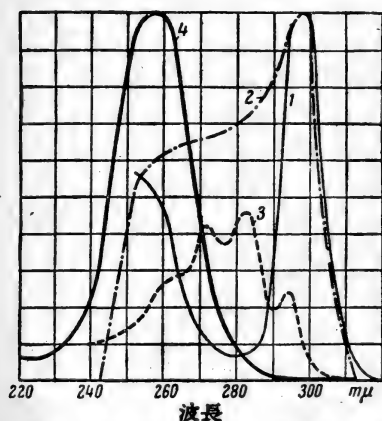


图 1. 紫外綫在有机体上的效应曲綫

1—激紅效应； 2—抗佝偻效应；

3—維生素 D 的吸收； 4—灭菌效应

曲綫波長里把 $\lambda = 297.5$ 毫微米的抗佝偻效果定为 1。

图 2 中的图解表示每月 21 号日光中波長短于 313.5 毫微米的紫外綫在 1 天之內所投射的总能量（以瓦·秒/平方厘米为單位）和折算其抗佝偻效果的相当能量（曲綫 2）。

計算“相当照射”（эквивалентная облученность）时是先把許多狹窄日光光束的照射量（微瓦/平方厘米）根据其抗佝偻效果折算成單色光 $\lambda = 297.5$ 毫微米的“相

当照射量”，然后再把所有光束的值加起来。測定 1 天之內光綫投射的能量时要作出照射的日变曲綫，并測量此曲綫下的面积。为了比較起見，在图 2 中所示的是 1 天之內波長短于 313.5 毫微米

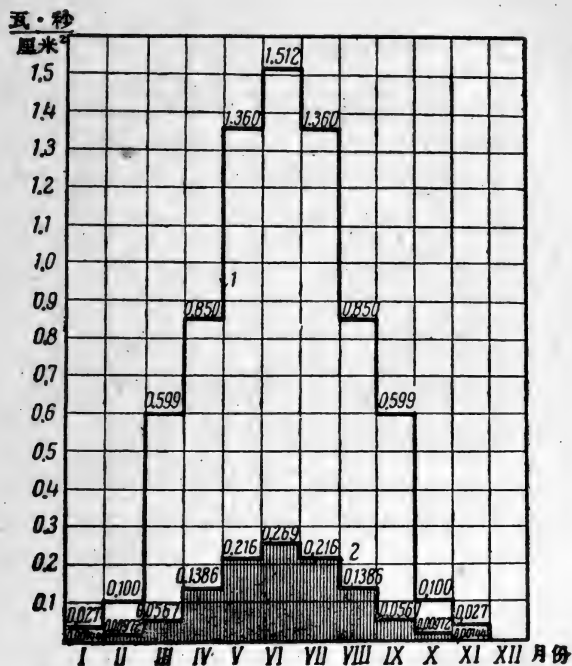


图 2. 每天在 1 厘米垂直于光綫的面积上投射的日光紫外綫能量(在每月 21 日)

1—总能量; 2—折算其抗佝偻效果的相当能量。

紫外綫的总能量值, 而没有計算各个譜段的相对效应, 折算石英灯相当于單色光的輻射时也是利用图 1 中的曲綫 2 根据每一根譜綫来算出。石英灯每日必須照射的时间等于日光紫外綫在 1 天之内投射的总相当能量(瓦·秒/平方厘米)除以石英灯在 1 米距离上的相当照射强度后(瓦/平方厘米)所得的商。

每月 21 号 ППК-2 型石英灯的照射時間
(以分計) (省略后面的小数)

月分—12月	1 月和11月	2 月和10月	3 月和9月	4 月和8月	5 月和7月	6 月
分鐘—0.00	0.18	1.20	6.92	17.00	26.50	33.00

实际上在自然条件下照在鸡身上的能量要比平均数小很多,这是由于天气有阴云的时候,并且在最热的白天,鸡在相当长的时间里都是躲在遮荫的地方。考虑到这一后就可以认为 ПРК-2 型水银石英灯在 1 米距离上的每日照射剂量,如果用照射时间来表示的话,约为 10 分钟。

许多不同的著者〔例如, А. Е. 诺维科娃(Новикова)〕用实验方法所得的最适照射剂量也约为每天 10 分钟。

2. 关于照射的标准定量

在固定不动的光源对不动的对象照射时,照射可以根据时间来定出标准额。

在农业,特别是在养禽业的实践中,常应用移动的照射装置。当这种装置不停的移动过被照对象时,对象所受到的照射度不是保持不变的,而是由零改变至最大而后又复降为零。在这种情形下根据时间来定标准定额是不适合的。

物体由移动的光源所获得的照射量,可按照下列关系式来确定。

$$A' = \int_{t_n}^{t_k} E'' dt \text{ 瓦} \cdot \text{秒/平方厘米},$$

式中 A' 为物体在照射期间每平方厘米上所获得的照射量或辐射能的量; E'' ——相当能量照度,以 $\lambda = 297.5$ 毫微米的单色光的瓦/平方厘米或微瓦/平方厘米数来表示, t_n 和 t_k ——照射开始和终止时间。

需要按着上述照射的理论计算公式来计算照射装置的运动速度。

当实际检验分散在空间不同点的物体从移动着的照射装置所获得的剂量时,可以用作者所设计的专门仪器来测定。

在这仪器中——剂量計——为了測量光流利用了一个有电容器(1)通过光电管(2)和通过氖光灯(3)放电的綫路。因为燃着的氖光灯的电压比它在熄灭时的电压高，所以电容器是以一个接着一个的脉冲的形式而放电的。

設計中附加有两个繼电器，其中之一是脉冲的計数器；另一个——PII¹⁾ 式的分极繼电器——是与氖光灯串联着的。整个仪器的綫路如图 3。

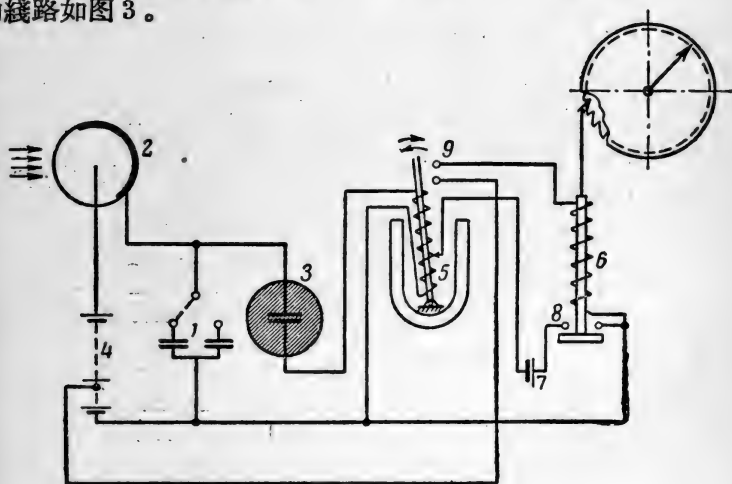


图 3. 剂量計的图解

当脉冲通过分极繼电器(5)时，接触(9)就被联接上，而且繼續維持在联接的情形下，因为分极繼电器沒有独立恢复原狀的能力。

电池的电流經过連通的接触(9)而流至計数的繼电器(6)。計数繼电器在計数脉冲后即把接触(8)联接成通路，因而接通了自电池(7)的电流而使分极繼电器返回原来的情况，这时接触(9)截断，而仪器又准备好去計数以后的脉冲。此仪器可以在大于或等于

1) 利用 PII-4 型繼电器，目录号 V172-2,028。

0.05 微安培的光电池电流下工作。

照射量是由仪器所计数的总脉冲数来决定的。相当于一个脉冲的照射量则与光电池、光电池的滤光器和电容器的电容量有关，这在定仪器刻度时来测定的。

应用这种仪器很适合于研究空间中不同的点从移动着的光源所获得的照射量的问题。

3. 当电力网电压与额定值有差别时的照射

在照射大量的家禽时，标定剂量最适宜的方法是按照灯的移动速度来标定。在用不变的照射光源时这样来定剂量是比较准确的。水银石英灯的实际照射在很大的程度上是依赖于电力网电压

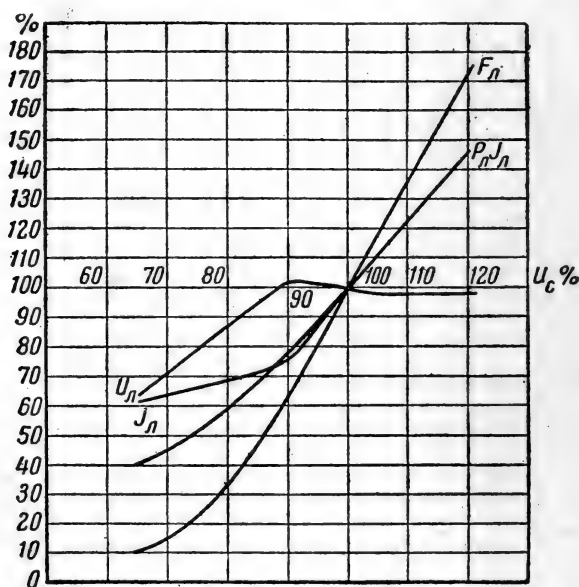


图 4. 没有电动子(арматуры)的 ПРК-2 型灯头通过节流器 ЭМА 和额定 220 电压联接时, U_n , J_n , P_n 和 F_n 的量与电压变化的关系

的变化的。

农业电力网的电压按規定所容許的額定值的 差別是在 $+7.5 - 10\%$ 的範圍內。在实际情况下常遇到更大的誤差。因此就产生了当灯是在有誤差的电压下工作时, 对照射的时间和对照射装置移动速度的修正問題。

实验証明, 当加在水銀石英灯上的电压緩慢的改变时, 灯并不熄灭¹⁾, 但是它的輻射量 $F_{\text{光}}$, 电流 $J_{\text{光}}$ 和功率 $P_{\text{光}}$ 都改变得很厉害。在图 4 和图 5 中表示了用 ПРК-2 和 ПРК-4 灯头时这种改变的情况。两种灯都通过相应的节流器接在額定 220 伏特电压上。

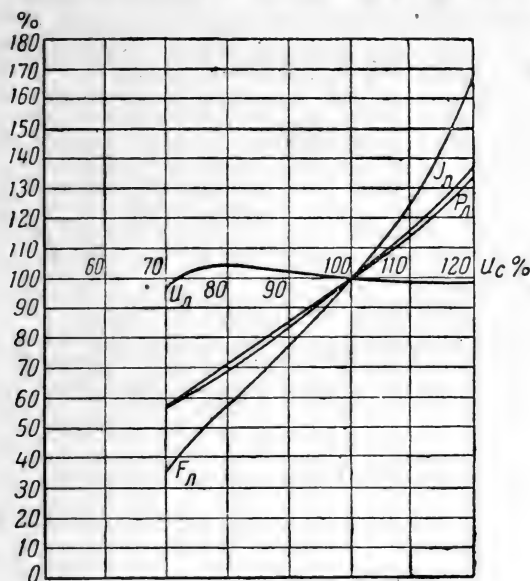


图 5. 有电子 ЛЛК 的 ПРК-4 型灯头通过节流器和額定的 220 电压联接时 $U_{\text{光}}$, $J_{\text{光}}$, $P_{\text{光}}$ 和 $F_{\text{光}}$ 的量與电压变化的关系

当灯头上实际有电压誤差时, 如果照射的光譜組成变化并不

1) 当电压迅速的降低 $5-7\%$ 时, 灯头即熄灭。

显著,那末可以按照灯的辐射量 F_{λ} 和电压 U_0 的关系图表来确定必須的修正。

4. 在禽房里育养家禽的特征和照射装置

在禽房里育养母鸡时是把鸡放在金属的五层的禽籠里。装着家禽的金属禽籠——多层育雛器——是建筑在室内三合土地面上。面对面排列着的两行列禽房,組成一个区段,象 1.4—2.0 米寬的走廊一样。禽房的高度是 2.0—2.5 米(按指定置放家禽的年齡而改变)。

用人工光源照射的最可行的方法就是通过籠壁前面的柵欄而照射。照射的装置应当对该区段两面禽房的所有楼层都供以完全相同的照射量。

为了要保持禽房的每层都有大致均等的照度,必須至少应用两个石英灯头,一个灯头在另一个的上面,利用光照技术中的精确方法对照射装置的位置和移动速度的計算得出下面的簡單实用公式。

如果 H_1 代表装置下面的灯头离地面的高度(根据禽房的总高度和过道的寬度来选择,可在 0.7—0.9 米的范围内变动),那末上面的灯头离地的高度 H_2 就按下面的关系而定,

$$H_2 = 1.2h + H_1 \text{ 米,}$$

式中 h 是过道的中点到禽房中点的距离。

如要使具有 ППК-2 灯头的装置,在一次行走中能使处在禽房中部的鸡获得相当于一个不动的 ППК-2 灯头在 1 米远处 10 分鐘的照射量,則装置在过道里的运动速度应按下面的关系来确定。

$$V_1 = 0.168 \frac{1}{h} \text{ 米/分鐘.}$$

在实际情况下比較方便的是照射装置在过道里不是只走一次,而是走两次,因为这样照射装置就会回到原来的位置。在这种

情况下运动的速度就应增加 1 倍。

$$V_2 = 2V_1 = 2 \cdot 0.168 \frac{1}{h} \text{ 米/分钟.}$$

实际上当过道的宽度是 1.5 米时, h 的位置是 1 米。这时运动的速度应当是 $V_1 = 0.168$ 米/分钟而 $V_2 = 0.33$ 米/分钟。

所有的计算都适合于标准的 2.5 米高的金属禽房。

在图 6、7、8 中所示的照射装置就是按着这样子的计算而定的。

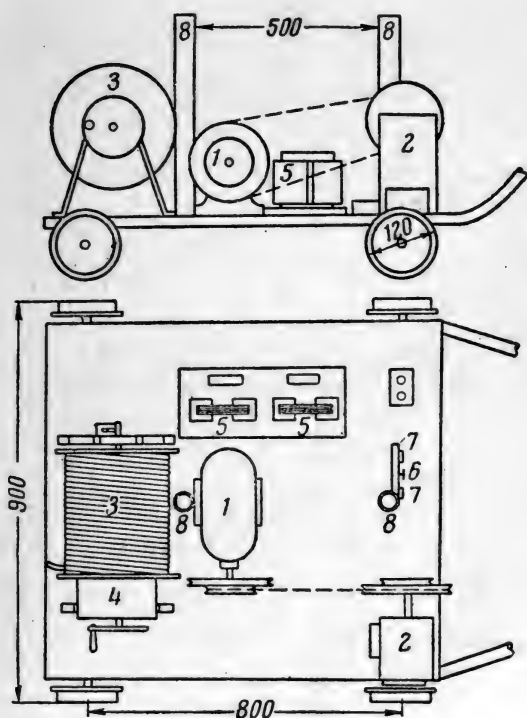


图 6. 自动的照射装置(画出有灯头的架子)

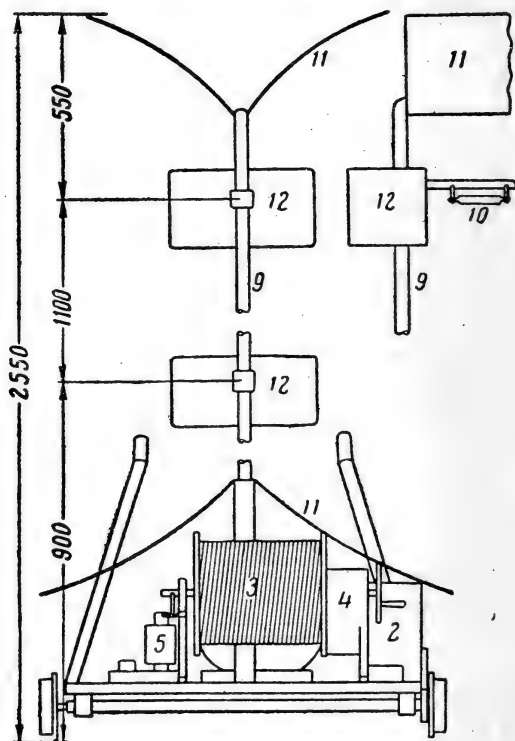


图 7. 自动的照射装置(背面)

装置是一个不大的自动小車。用电动机(1)通过有皮帶傳動的傳动器(2)和敞开的圓柱形的齿輪使它移动。在小車上除了电动机外,还裝置了一个繞以电纜和具有接触輪組(4)的鼓狀輪(3),稳定电阻——节流器(5),电动机和灯头的开关(6),用以启閉石英灯的开关(7),減輕发热的电容器和按钮。

在小車上特殊的穴孔(8)里,裝有固定灯(10)的垂直架(9),反射鏡(11)和屏障板(12)。

所有这些裝置都是用 220 伏特交流电力网通过四股的橡膠絕

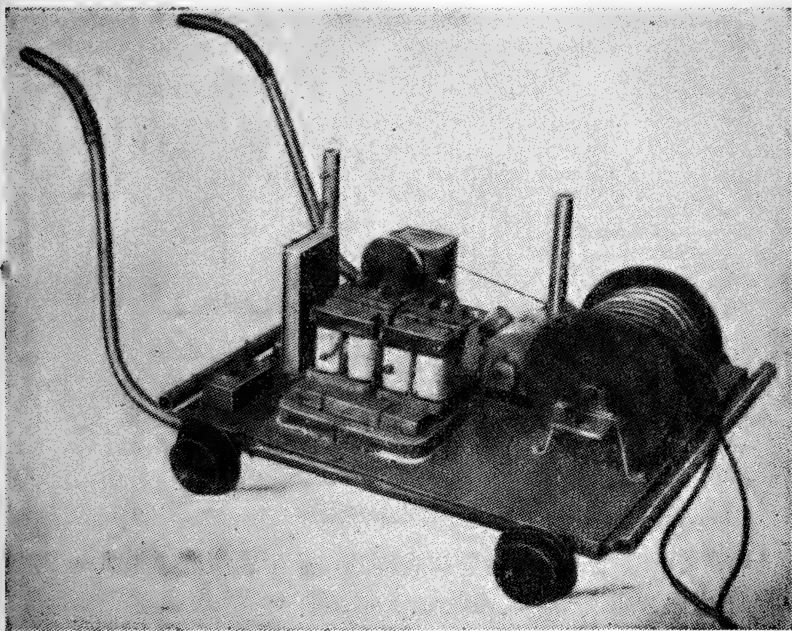


图 8. 自动照射装置小車的全貌

緣的電綫來供給的。每股綫的橫截面積是 2.5 平方毫米。第四股綫用來做保護的接地綫。

用 2 个 ППК-2 灯头作为紫外綫照射的光源,在图 9 里可以看到整个裝置的电路系統。

按照上述的討論,灯头是裝在离地面 0.9 和 2 米的高度上,也可以很輕便的改变它們的高度。

发电机是單相的,它的功率是 0.2 千瓦(用三相电动机也有效)。小車的移动速度是每分鐘 0.25, 0.5 或 1 米,按皮帶在电动机和傳动器¹⁾的多层滑輪上的位置而定。傳动器是两层螺旋型的,其傳遞数 $i=1,000$ 。螺旋傳动器的最重要的优点就是它工作时

1) 图 6 所示的是两层的皮帶傳动器。

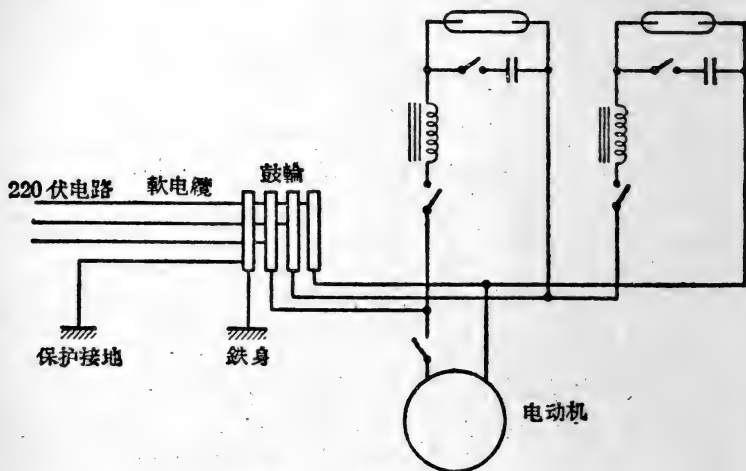


图 9. 自动装置的线路图

沒有声音。因为音噪是很煩扰鸡群的。整个裝置的重量大約是 40—50 公斤。所消耗的功率約 0.9—1.0 千瓦。

裝置的工作程序。在接通了和燒熱了灯头以后,开动电动机,整个裝置就开始沿着区段移动,用观察或者在三合土的地上預先鋪好的鋼条来使裝置按指定方向移动,用把手使裝置向前移动,同时电纜就从鼓形輪卷出。当裝置必須很快的拐弯时,用手輕輕的將把手提起,在这样的位置下它就在空輪子上輕易的轉过来。当裝置沿着区段走过一次而需要在原段反向再通过时,只要用把手轉 180° 以后,再用把手向前沿反向推动即可(在三相电动机的情况下,电动机可能逆轉)。

在轉到原来的位置时是用手轉动鼓形輪軸上的把手来把电纜卷繞起来。这只要消耗不到 1 分鐘的时间。

在一个区段照射終了时,用手將裝置轉到另一区段或是收拾到适当的地点去。

在裝配利用类似照射裝置的車間时,最簡單的情形就是裝置

三极开关用以接通電綫。

5. 照射裝置的實驗应用

第一次在生产上应用上述構造的照射裝置是 1949 年 3 月—5 月在莫斯科布拉特采夫养禽場的生产車間。当时檢驗在需要用多层檻飼器的生产条件下照射大量家禽的可能性,并确定照射效果及照射裝置的工作效能。

在實驗中用的是产卵鷄,在被照射的区段里聚集了約 2,500 只鷄。用两个相同的区段作为对照,所有的区段里的鷄都是同年龄的。飼餵和育养方式(除了照射而外)也完全維持平常情况。用产卵的百分数(在指定日內鷄的百分数),死亡和一般情况来作为指标。除了星期天外,自 3 月 26 日起至 4 月 30 日每日进行照射。觀察繼續到 6 月 1 日。

这是第一次在生产机构中进行这样大量照射家禽的實驗。因而需要非常謹慎,因为在显著的改变生活的情况下,很可能引起产卵量的下降和剧烈的脫毛。

因此在开始进行照射时,所用的剂量是計算出的剂量的四分之一(裝置以 0.5 米/分鐘的速度沿着区段通过 1 次)。以后的剂量就增加到計算量的 0.5 (裝置用 0.5 米/分鐘通过 2 次)。

實驗的結果确定:在照射和觀察期間,被照射的区段里的平均产卵量較两个对照的区段都要高(超过第一个对照 10%,超过第二个对照 3%)。被照射的区段在 4 月和 5 月在完成任务計劃上显示了更好的指标。在所有時間內被照射区段和对照区段的死亡都不多。而且在被照射区段中的死亡是最低的。在所有的時間內沒有觀察到任何与照射有关的不良現象。

實驗的技术方面的觀察指出,照射裝置令人滿意的完成了大量照射籠里的鷄群的任务。工作既簡單又可靠。在图 10 和 11 中可以看到裝置在区段中工作的情形。

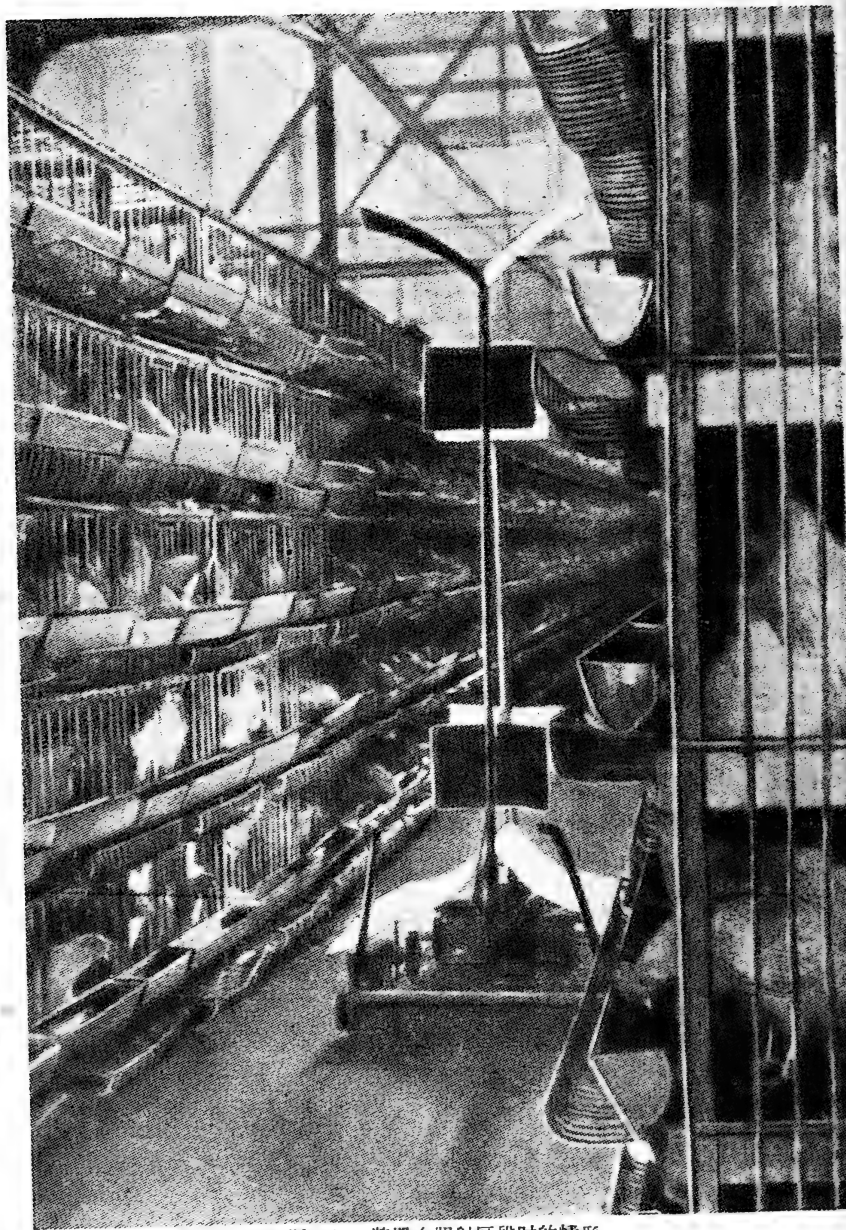


图 10. 装置在照射区段时的情形



图 11. 装置轉向第二个区段

当每天在区段里照射 2,000 只鸡,装置的移动速度为 0.5 米/分钟时,则每通过道一次电能的消耗是每月每只鸡 0.015 千瓦-小时。计算剂量近似的相当于装置用 0.25 米/分钟的速度通过过道两次则要消耗每月每只鸡 0.06 千瓦-小时¹⁾。

照射费用的大约计算指出,当电能的费用是每瓩-小时 50 戈比灯头工作寿命为 500 小时,而照射装置的价值是 3,000 卢布时,照射装置每工作 1 小时的消耗在不加保养时是每小时 1 卢布 68 戈比,而在加以保养时(当同时供应两套装置)——近 2 卢布 80 戈比每小时。

以这个费用和用维生素 D 及鱼肝油的费用来比较,则每天在区段工作 4 小时的照射装置(相当于所计算的 10 分钟的剂量)的费用比用维生素和鱼肝油节省一半(是按 1949 年的价格计算的,有点不合目前价格,但数字的数量级仍是一样)。

自从实验试用之后(1949 年),一直到目前布拉特采夫养禽场都在应用这种装置。

結 論

在籠里饲养家禽的生产中大量照射家禽技术问题有成效的解决,首先使得在良好的饲养和照料下提高了家禽的产量,并在籠里培养出良好的雏鸡品种;第二,为了提出和解决一个重要的任务创造条件,这个任务就是培育一种籠里饲养的特殊品种的鸡,对这种品种而言,在籠里生活是自然而正常的,而且这种品种在这种条件下可以有最高的产量;第三,可能为以后在这方面的研究和在养禽工业中运用大量照射的实际工作树立基础。

- 1) 为了比较起见我们指出,根据 Г. 舍哈列维奇(Шехалевич)在論文“关于养禽业电气化的若干材料”(农业电气化杂志,1931 年,第 7 期)中所介绍的关于照射雏鸡和母鸡的实验,可以提出下列的照射中电能额定消耗:

1,000 只雏鸡——每月 7.5 瓩小时

1,000 只母鸡——每月 1,000 瓩小时

参考文献

1. Мейер А. и Зейтц Э. 1953. Ультрафиолетовое излучение. Изд. иностр. литер. М.
2. Осетров П. А. 1950. Генерирование ультрафиолетовых лучей и применение их в свиноводстве и птицеводстве. (Диссертация). М.
3. Осетров П. А. 1953. Устройство для ультрафиолетового облучения птицы. Механиз. и электрифик. социалист. сельского хозяйства, № 6.
4. Осетров П. А. 1953. Теоретическое обоснование доз ультрафиолетовых облучений сельскохозяйственных животных и птиц. Труды Харьковск. инст. механиз. и электрифик. сельского хозяйства, вып. V.
5. Шкловер Д. А. 1947. Методы измерения биологически активной ультрафиолетовой радиации. Сборн. материалов Всесоюзной научно-технической сессии по светотехнике. Госэнергоиздат. М.—Л.

[殷美姑譯. 作者: П. А. Осетров. 原題: Применение ультрафиолетовых облучений в промышленном птицеводстве.]

在养鸡場中用紫外綫照射母鸡

Н. В. 皮加列夫 И. И. 奧夫欽尼科夫 Е. В. 索科洛娃

(全苏养鸡科学研究所和布拉采夫斯基养鸡場)

工作的創始和任务

养鸡工厂在鸡舍中养鸡时，缺乏日光照射的作用。因为日光譜的紫外綫部分使动物机体有抗佝偻病的作用，为了防止鸡的佝偻病在这些条件下发展，在母鸡和鸡雛的日粮中加入魚肝油及其他的維生素D的来源。为了同一个目的很多的研究工作者进行了关于用紫外綫灯照射家禽的試驗。

从文献中現有的資料看来应当是；如果用紫外綫照射鸡以代替使用不同的維生素 D 制剂时可以防止佝偻病 [1, 2, 5, 6 及其他]。但是，不同作者用不同类型的紫外綫灯在不同条件下照射鸡的研究使得数据难于比較，并且关于最好的照射用量仍是一个有待于研究的問題，这样就使在养鸡生产中难于应用紫外綫照射。此种受到阻碍的情况也还由于在医学和兽医实习上所应用的照射装置不能在大量养鸡生产事业中应用。

在 1950 年 П. А. 奧西特罗夫^[3]設計了可以在养鸡場的多层鸡籠中飼养时实现紫外綫照射的裝有 ПРК-2 灯的自动裝置，П. А. 奧西特罗夫在布拉采夫斯基养鸡場^[2]所进行的照射籠中正在产卵的母鸡群的試驗得出了良好的結果。

全苏养鸡科学研究所协同布拉采夫斯基养鸡場在 1952 年曾对日粮內减少維生素D含量的鸡雛作过紫外綫照射的試驗^[4]。試驗表明照射对于鸡雛的生長和生活力有良好的影响。但在此同时，

其中有一个对照組的鸡雛并未出現佝僂病的症狀，此組与照射实验組所得到的維生素D的数量相同而并未受到照射，当飼养时其生長和保全情况都很良好。此种情况表明在实验組的鸡雛有足够的維生素D，因而难于确定照射的有效性。照射，魚肝油和維生素D制剂的成本計算指出，如果利用紫外綫照射并从鸡日粮中除去了維生素D的来源(魚肝油，制剂)时，可以达到最大的經濟效果。

因此本工作的任务为研究紫外綫照射对于在籠中飼养并且日粮中沒有魚肝油和維生素D制剂的鸡的生产量的影响。

工作条件及方法

实验是在布拉采夫斯基养鸡場中的育雛車間及籠中产卵母鸡車間中进行的。第1号实验在白萊亨种的鸡雛以及从它培养出来的产卵母鸡上进行，第2号实验——在長大了的籠中的鸡上。

第1号实验 5組11天的小鸡雛(在1953年1月10日孵出的)，每組有240个：3組为实验的，2組为对照用的。实验組的鸡雛除星期日之外每天受到裝在奧西特洛夫裝置上的 ПРК-2 灯的照射。每組的照射在裝置的靜止状态下进行。从一組到另一組以手移动裝置。在照射时灯光位于籠間通路的中綫上，平行于籠的前面并且距离籠为 0.6—0.7 米。在此時間內同时被照射着的鸡雛的鸡籠用其上联有致密的紡織品的遮光板隔开。采取以下的照射用量：第I組——每天16分鐘，第II組——每天8分鐘和第III組——每天4分鐘。从鸡雛生長的第11天到30天，每天的照射時間比上述加長1倍(32, 16, 及8分鐘)，此点是用对不同生長期的鸡雛的籠子的小門在結構上的不同来制約。对于沒有达到30天的鸡雛的籠子上的小門是密的金属門，有为鸡雛的头而开的小孔，而对于較为成熟的鸡——为格子狀的，較少的阻碍光的透入籠中。在实验的第1天所有3組均照射了2分鐘，第2天——4分鐘，而以后逐漸增加到每組所确定的照射用量，其時間每天增加

4 分鐘。在实验組的日粮中沒有魚肝油及維生素 D_2 制剂。

对照組沒有受到照射，其中的一組用来作正对照，而另一組——負对照。在正对照組的日粮中包含有相当于养鸡場采用的定額的魚肝油和維生素 D_2 制剂（表 1）。在負对照組的日粮中既沒有魚肝油，也沒有維生素 D_2 制剂。

在实验开始之前所有的鸡雛均得到以下数量的魚肝油和維生素 D_2 制剂：从生長的第 1 天到第 6 天——按每个鸡雛每天 0.1 克魚肝油和 200 国际單位的維生素 D_2 ，从生長的第 7 到第 10 天——按每个鸡雛每天 0.3 克魚肝油和 300 国际單位的維生素 D_2 。由于魚肝油中不仅含有維生素 D，而且也含有維生素 A，故所有未得到魚肝油的各組（I, II, III 及負对照組）的日粮中均含有补充的維生素 A 制剂，用来平衡維生素 A 的含量。

日粮的成分（表 1），飼料及飼养次序相当于养鸡場的生产条件。在实验期間，当缺乏这种或另一种日粮的組成物时用营养价值相近者代替。在实验中采用鱈魚的魚肝油，每克的活性有 50 国际單位的維生素 D_2 制剂和每克的活性有 33,000—100,000 国际單位的維生素 A 制剂。

在所有实验过程中沒有进行鸡的畜牧学淘汰，虽然重量、产卵力和留存鸡只总数的指标降低了，然而保证了数据很大的客观性。当鸡雛生長到第 51 天时，把小公鸡轉为肥育而在所有的小母鸡上进行进一步的观察。

在实验中考慮了保持鸡的总头数及鸡死亡的原因、鸡的权重的变化、經過成長的脫毛、产卵量、卵的权重。当編制組时，从每組中分出 60 只鸡雛来，这些鸡雛在生長到 60 天之前，每 10 天个别地称一次权重。以后在生長的 75, 90, 120 天称重全体的母鸡 1 次，再以后——每月称重 1 次。鸡蛋权重每月測定 1 次，用称量两天內所生产的全部鸡蛋权重的方法来測定。此外，每天考虑到有破損蛋壳的鸡蛋存在（即称之为破片），周期性地測定鸡的足趾和

表 1 正对照組的日粮(每只,每晝夜的克数)

飼料	鸡雛和小鸡(生長日数)						小鸡和籠中的产卵鸡
	11—15	16—30	31—40	41—60	61—90	91—120	
谷物(燕麦,黍,大麦及其他)	11.5	19.0	26.0	40.0	57.0	72.0	78.0
麦 麸	2.0	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	10.0
魚 粉	1.2	1.5	1.5	2.5	2.0	3.0	4.0
肉骨粉	—	1.0	2.0	3.5	3.0	4.0	11.0
干凝粉	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	—	5.0
油 粕	1.0	1.0	1.5	3.0	3.0	3.0	5.0
乳	3.0	3.0	—	—	—	—	—
胡萝卜,蔬菜	3.0	10.0	15.0	20.0	25.0	25.0	30.0
苜蓿粉	0.7	1.2	1.5	2.0	3.0	3.0	—
酵 母	1.0	1.5	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
矿物质(貝壳,骨粉等)	1.3	1.5	1.5	2.9	4.1	4.4	10.0
魚肝油	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0
共 計:	26.5	44.6	57.0	84.6	108.6	125.4	159.0
在日粮中含有:							
可消化的蛋白質	3.4	4.8	6.4	9.8	10.1	11.5	18.0
可消化的营养物質	12.9	20.9	28.3	42.4	51.4	63.3	80.0
鈣	0.6	0.6	0.7	1.4	1.8	2.0	4.7
磷	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	1.0	1.2
鈉	0.03	0.13	0.14	0.28	0.32	0.38	0.5
基本日粮的补充:							
維生素 A 制剂(国际單位)	1000	1500	2500	3000	3500	4000	3000—4000
維生素 D ₂ 制剂(国际單位)	300	400	600	800	1200	1400	2500
核黄素(毫克)	150	200	200	240	280	280	—

脛骨的灰分含量,并用X射綫檢定母鸡骨骼的发育。X射綫的研究(77 照片)为利皮娜(Е. И. Липина)——莫斯科兽医学院治疗教研組的助教所完成。

实验繼續了 9 个月(从鸡生長的第 11 天到第 280 天)。

第 2 号实验 在实验中有 5 組 8—9 个月的籠中的产卵母鸡,

每組为 100 只。在实验开始之前各組曾按鸡在 12 天之內在个别籠中的产卵量作为基数来计算平均产卵量。实验开始于 1953 年 5 月 20 日并且繼續了 130 天。

进行实验的概要和条件与第 1 号实验相同。它們之間的区别仅在于照射的順序。在第 2 号实验中周期性的照射母鸡，在每照射 10 天之后，休息 10 天。

在实验的組織和进行中有布拉采夫斯基养鸡場的專家参加：工場經理尼庫利茨基 (И. В. Никулицкий)，主任兽医阿尔切密奇夫 (М. А. Артемичев)，車間主任基斯卡奇 (А. Б. Кискачи) 和庫茲米納 (Л. М. Кузьминых) 及动物飼养實驗室主任沙弗罗夫 (В. А. Шафров)。

实验結果

在表 2 中介绍了在第 1 号实验中的鸡雛生長的数据，并没有看到在不同組的鸡雛間重量的显著差别。在生長的第 21, 61 和 75 天，第 II 組鸡雛 (中間的照射用量) 有稍大的重量。和对照組的鸡雛的重量相比較表明：在开始照射过了 10 天之后，它們的平均重量比正对照組大 3—5% (见图 1)。在以下的两个 10 天內

表 2 在第 1 号实验中小母鸡的平均活重(克)

組 別	只数	生 長 的 天 数							
		11	21	31	41	51	61	75	90
I	26	79.5	154	257	356	473	579	722	878
II	24	81.0	162	272	370	509	630	760	944
III	29	80.3	151	244	366	475	574	709	902
正对照	29	86.2	154	278	383	481	585	714	943
負对照	26	88.0	155	283	372	480	557	664	906

看到了实验組的鸡雛的生長停滯，然而到生長期的50—60天时它們又重新超过了对照組 4—8%。相似的，在最大和最小照射用量組也可看到，在实验的最初 10 天加速生長，而在第二，三个 10 天内減慢并且在以后的期間內又有重新加速的傾向。按达到鸡雛生長期的 3—4 月各組的平均重量几

乎是相等的，而以后也并未看到各組鸡在重量方面的重大差异。

根据保留的实验鸡雛的总头数，第 II 組生長到 6 个月时得到較好的結果（表 3）。第 II 組在这个指标方面的优越性在后期仍

表 3 在生長期間保留的鸡的总头数
(以每一时期开始的总头数的%比)

鸡的生长期 (日数)	組			別	
	I	II	III	正对照	負对照
11—60	90.8	96.3	92.1	94.6	93.3
61—120	87.2	83.5	84.0	92.4	83.2
121—180	88.7	95.6	89.9	88.8	95.3
181—270	79.1	84.7	82.0	87.4	78.1

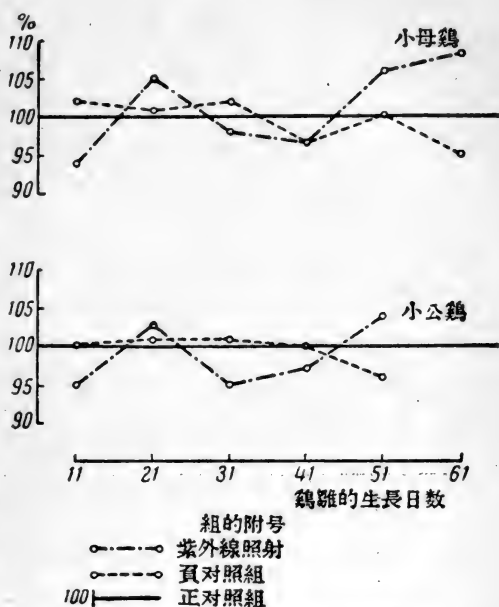


图 1. 鸡雛的重量与正对照組鸡雛重量的百分比

保存着。以后的 9 个月内此组保留的总头数与正对照组的鸡的保留区别很少。在其他各组保留的总头数低 7.3—9.5%。但应当指出, 在负对照组内鸡雏比受到照射的组内鸡雏死亡的增加不是因为鸡雏患佝偻病的原因所引起的。在鸡雏尸体作病理解剖研究时并未诊断出来有佝偻病。同样并未发现在各组的鸡雏的胫骨及足趾中灰分的含量有何区别(表 4)。各组鸡雏的羽毛均为正常。

表 4 120 天的小母鸡在胫骨和足趾中灰分的含量
(百分数)

组 别	灰 分 含 量	
	在胫骨中	在足趾中
I	43.3	8.4
II	43.6	7.9
III	44.0	8.7
正 对 照	43.0	7.7
负 对 照	43.7	7.7

附註: 为了测定灰分含量从每组中取出 3 只重量中等的母鸡。

在负对照组没有佝偻病的特征, 因此给出了根据来推测, 包含在动物性饲料中(鱼粉等)的维生素 D 的数量, 保证了鸡雏对此维生素的需要。为了明确此种推测曾对两组 14 天的鸡雏作了补充实验, 该实验每组为 25 只。其中之一组作为对照用, 它得到一般的日粮, 而从另一组的日粮中不仅除去了维生素 D 的基本来源(鱼肝油, 制剂), 而且也除去了鱼粉, 肉骨粉及蔬菜。此组的日粮中蛋白质, 矿物质和维生素 A 的含量是用比对照组的日粮中增加豆饼, 骨粉及维生素 A 制剂来平衡。补充实验的结果的基本数据见表 5。分析这些数据可以认为实验鸡雏在生长和发育上的停滞、表现出较小的活重、成龄的脱毛有些停滞和血液中血红蛋白和红细胞含

表 5 在日粮中包含和不包含动物飼料、魚肝油及維生素 D₂ 制剂的各組鸡雛的某些指标的比較

指标名称	小 母 鸡		小 公 鸡	
	組		別	
	日粮中有維生素D和动物飼料	日粮中没有維生素D和动物性飼料	日粮中有維生素D和动物飼料	日粮中没有維生素D和动物性飼料
第14天鸡雛的平均重量	71	69	78	77
第30天鸡雛的平均重量	153	155	197	180
第60天鸡雛的平均重量	374	333	479	368
第100天鸡雛的平均重量	842	696	1026	812
100天的鸡雛的翼尾長羽的平均脫落数	7	6	7	5
100天的鸡雛中具有胸骨龙突弯曲的数目%	27.0	46.0	0.0	44.0
在各生長期中鸡雛血液中血紅蛋白的含量%				
20天	51.2	53.0	50.6	52.2
50天	51.8	53.0	53.3	53.9
80天	53.6	50.6	58.1	51.0
在各生長期中鸡雛血液中的紅血球数(千个)				
20天	251.8	238.1	238.6	246.3
50天	235.0	243.0	257.0	254.7
80天	264.9	248.0	319.6	252.9
100天的鸡雛血漿中的含量:				
石灰質, 毫克%	14.0	14.0	未試驗	未試驗
磷, 毫克%	5.3	6.2	未試驗	未試驗
100天的鸡雛的脛骨中灰分的含量, %	45.1	41.1	未試驗	未試驗

量的降低,在很大程度上都是由于用植物蛋白代替了动物蛋白,其次是由于在日粮中除去維生素D的来源。实际上在兩組鸡雛的血漿中鈣和磷的含量是相等的,而骨中的灰分的含量相差不大。在用X射綫研究100天的实验組鸡雛的骨的結構表明:良好的佔

16.7%，中等的—44.4% 和劣等的—38.9%；对照組的数据相应为—33.3, 16.7 和 50.0%。标准的佝偻病图在任何一种情况下都沒有验证出来。40% 以上鸡雛胸骨龙突标志性的弯曲出現得很微弱。

这样，不論是基本实验或补充实验的数据均表明，在籠中养鸡时如日粮中保持了矿物质含量(鈣和磷)，而沒有維生素D，則并未引起佝偻病的典型現象。但是如果說当飼养鸡雛时沒有維生素D并未导致显著地不良結果，那么缺乏維生素D对母鸡的产卵性則有重大的影响。已經从开始产卵时經过了1个月的实验，第1号实验中的負对照組母鸡的产卵性比正对照組的母鸡低弱。受过紫外綫照射的母鸡产卵性在整个实验期間內比正对照組稍微大一些(图2)。

按在整个实验期間內受实验母鸡的产卵总量来看，第II組(每天的紫外綫照射时间为8分鐘)得到較好的結果。無論是較大或較小照射用量的組均得到較少的产卵总数，但是这样它仍高于正对照組10—15%，高于負对照組45—50% (見表6)。

表 6 产卵总量及有破壳的鸡蛋数(第1号实验)

指 标 名 称	組 別				
	I	II	III	正对照	負对照
母鸡数	97	89	99	107	86
160 天内产卵总数(个)	3261	3340	3181	3119	1600
同样，从100只母鸡对正对照組的百分数(%)	115.5	128.8	100.3	100.3	63.9
破壳鸡蛋百分数(%)	1.7	1.3	1.2	2.0	2.9

在第2号实验中在長大了的負对照組的产卵母鸡的日粮中除去了維生素D的来源，这亦导致产卵性的降低。其結果为：此組母

鷄在实验的 130 天內的产卵量比正对照組少 18.5% (見表 7)。在第 III 組 (最低照射用量) 得到較好的結果, 其产卵总量实际上与正对照組相等。

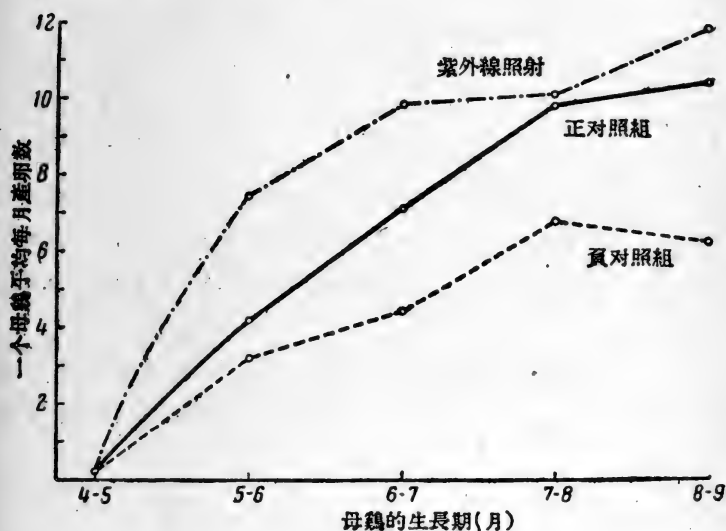


图 2. 实验和对照母鷄的产卵性

在养鸡生产实践中采取作为日粮中維生素 D 不足和食粮中矿物质成分不够的特征就是蛋皮質量变坏, 由此引起破損蛋皮的鷄蛋数目增加。在第 1 号实验中, 实验組的鷄蛋皮破損百分数比对照組为低, 特别是比負对照組低 (表 6)。在第 2 号实验中各組間在此指标上的差异并未看到 (見表 7)。

此点可能是由于在产卵母鷄的有机体内有維生素 D 的貯存, 这一部分貯存是从在开始实验之前日粮中足够量的矿物质和大量魚肝油和維生素 D₂ 制剂中得到的。总起来应该指出, 在两次实验中的蛋皮質量是完全滿意的。

表 7 第 2 号实验的结果(周期性的紫外线照射)

指 标 名 称	组 别				
	I	II	III	正对照	负对照
母鸡数	100	100	100	100	100
留存鸡只总数	85	87	86	82	89
产卵总量(个)	4161	4439	4659	4645	3787
同样地, 对应于正对照组的百分比	89.6	95.6	100.3	100.0	81.5
在实验終了时鸡蛋平均重量(克)	55.3	55.9	58.2	57.6	56.7
破皮鸡蛋的百分比	1.1	1.0	1.1	1.0	0.9

在用X射线研究生长期为9个月的母鸡时(第1号实验), 第2组的母鸡中具有良好骨结构者为最多, 而最少者为负对照组(表8)。

表 8 在生长期9个月的母鸡的X光研究的结果
(第1号实验)

组 别	被研究的 母鸡数目	骨 结 构 %		
		良 好	中 等	不 良
II	12	58.3	25.0	16.7
正对照	15	46.7	33.3	20.0
负对照	20	35.0	35.0	30.0

从各组母鸡死亡原因方面来看, 任何有规律的差异都没有观察到(表9)。

表 9 母鷄病死及被迫弃去的原因(百分数)

組 別	疾 病 种 类				
	白血球增多症, 肉瘤病, 神經型淋巴性白血病	胃和腸的病	肺和心的病	卵巢和輸卵管的疾病	其 他
实验 № 1——每天照射					
I	20.8	31.0	3.4	13.8	31.0
II	17.6	29.4	6.0	17.6	29.4
III	30.8	34.7	3.8	11.5	19.2
正对照	8.7	43.5	17.4	13.0	17.4
負对照	20.0	50.0	—	5.0	25.0
实验 № 2——周期的照射					
I	38.5	23.0	15.5	—	23.0
II	55.6	22.2	—	—	22.2
III	15.4	23.0	7.7	7.7	46.2
正对照	22.2	16.7	16.7	22.2	22.2
負对照	30.0	20.0	10.0	20.0	20.0

附註: 用病理解剖研究了 178 只死亡的和杀死的母鷄的屍体。

当每天照射 8 分鐘和周期性照射每天 4 分鐘时, 按总的指标都得到了較好的結果。这个表面上的不相适合可以如下解釋, 在第一种情况下鷄在長時間內并且从开始生長就被照射, 这样能降低有机体对紫外綫的反应性。当周期性的照射时, 較多地破坏鷄的正常飼养制度, 所以每次照射的时间很長时能对鷄的有机体起不良影响。

比較用紫外綫照射母鷄, 及用魚肝油和維生素 D₂ 制剂的費用表明, 用紫外綫直接照射鷄比供給維生素 D 便宜得多。

照射价格及附加的維生素 A 的費用, 1000 只每天照射 8 分鐘約为 8 盧布。周期性照射每天 4 分鐘——3 盧布 80 戈比。当同时供給以两个照射裝置时价格約相应为 6 盧布 30 戈比及 3 盧布 40

戈比。如果用維生素A的自然来源代替制剂时此項花費可以大大降低。1000只鸡每天所需要的魚肝油(鱈魚)及維生素D的价格,約为25盧布90戈比。由此可見,照射价格要比相应数量的魚肝油及維生素D制剂低3—7倍。

結 論

1. 所进行的实验証实了在籠中飼养鸡时,用紫外綫照射来代替維生素D主要来源的可能性。

2. 从生長期的第11天开始到280天止,按生产力得到較好結果的为用 ПРК-2 灯时每天照射8分鐘。当周期性地照射成長的母鸡130天时(10天照射10天間歇),每天照射4分鐘得到很好的結果。在100只母鸡中的平均产卵总量与得到魚肝油和維生素D制剂的对照組的产卵总量相比,在第一种情况約为128.8%,第二种情况—100.3%。

3. 紫外綫照射的費用相当于給鸡相应数量主要維生素D来源的价值的1/3—1/7。

参 考 文 献

1. Новикова А. Е. 1934. Применение ультрафиолетового света в борьбе с рахитом цыплят. Советское птицеводство, № 2.
2. Осетров П. А. 1950. Генерирование ультрафиолетовых лучей и применение их в свиноводстве и птицеводстве. Автореферат канд. диссертации. МИМЭСХ.
3. Осетров П. А. 1953. Устройство для ультрафиолетового облучения птицы. Механиз. и электрифик. социалист. сельского хоз-ва, № 6.
4. Пигарев Н. В., Никулицкий И. В., Артемичев, М. А., Кискачи А. Б., Овчинников Н. И. и Шафров В. А. 1953. Изучение влияния ультрафиолетового облучения клеточной птицы на повышение ее продуктивности. Рефераты научно-исследовательских работ Всесоюзного научно-исследовательского института птицепромышленности за 1951—1952 гг. Пищепромиздат.
5. Прево А. А. и Еланская Е. Е. 1935. Применение ультрафиолетовых лучей в батарейном птицеводстве. Проблемы животноводства, № 2.
6. Прево А. А., Панов Б. А. и Кискачи А. Б. 1946. Использование ультрафиолетовых лучей в птицеводстве. Мясная и молочная промышленность СССР, № 3.

[李琨瑛譯. 作者: Н. В. Пигарев, И. И. Овчинников, Е. В. Соколова. 原題: Ультрафиолетовое облучение кур на птицефабриках.]

在正常溫度下紫外射綫之用于消毒儲藏地点和延長易坏产品的儲藏期限

M. M. 达尼洛夫

(苏維埃貿易全苏函授学校)

对于为儲藏易坏的产品建立最好的条件來說，定期預防地和不断地消毒儲藏地点和其中的空气是有很大作用的。不是所有的化学和物理方法都能为这个目的采用，有毒物質，能使制成品染色的物質和具有長期气味的物質都是不能使用的。

因此消毒物質的選擇非常困难，特别是用来消毒空气的物質，根据許多文献中的材料和許多專門的研究，我們認為只有紫外射綫能最好地滿足所提出的各种要求——它是具有高度灭菌特性的一种物理-化学因素。

我們关于用紫外綫消毒存放地点的研究进行了許多年（从1936年）。有些工作是在實驗室中进行的，而主要的工作是在以C. M. 基洛夫命名的列宁格勒肉类联合企业，在彼得格勒区的面包房和列宁格勒的許多食品商店中的生产条件下进行的。研究的任务有：

1. 研究紫外射綫的不同灯系的灭菌和灭微生物作用，外部条件（溫度和空气的相对湿度）对这些作用的影响，以及在肉类企业中最易滋生的微生物的类型和年齡对灭菌和灭微生物作用的影响。

2. 調查利用灭菌灯在封閉的或通风的儲放地点中消毒空气的实际可能性。重要的是为了得到紫外綫的最大灭菌能力和为了

保証在照射区工作的人員的技术安全而确定紫外綫設備在一定的存放面积上的功率分配。

3. 研究用紫外綫来延長肉类, 包括半猪, 分裝肉块或腊腸制品(煮过和半燻的品种), 及在不同企业中(肉类联合企业, 商店等等)延長副产品儲藏期限的可能性。特別注意了在不同条件下强烈的照射在肉类和脂肪中可能引起的生物化学变化, 同时也研究了儲存易坏产品的制度和期限。

4. 对于在产业中利用灭菌灯的赢利性給予經濟論据, 并介紹不同灯系的操作制度。

在进行研究时, 我們用了 ПРК-2 和 ПРК-4 型的高气压的水銀-石英灯和 БУВ-15 和 БУВ-30 型低气压灭菌水銀-紫外綫灯, 在点燃 20 分鐘之后周期性地用光敏紙和查金蓮光量子計(фотоквантиметр Залкиндсона)測定上述灯的紫外綫强度, 同时也用生物光度計来測定。在一定的時間后(60 秒)和在一定的由光源到被照物的距离下(50 厘米)紫外綫流使光敏紙变色, 使它和光量子計相比較, 就可以很快地得出用紫外綫單位(УФЕ)表示的强度。灭菌能力除依賴于复合紫外射綫光流的强度之外, 还和波長有关, 例如根据我們的实验, 低气压灯的灭菌或灭微生物作用比高压灯大得多。这个原因是 БУВ-15 和 БУВ-30 型的灯通过透紫外綫玻璃后所放射的具有波長 253.7 毫微米的單色紫外射綫超过总量的 70%, 而 ПРК-2 和 ПРК-4 型的水銀-石英灯却是在波長 365 毫微米处輻射能量最大。由于 БУВ-15 和 БУВ-30 灭菌灯無論就其大小或就其公認的功率来看都是最适宜于用在食品工业中的, 而且它所发射的能量最为單色而且波長最短, 这个对防止微生物特別重要, 所以我們在以后不得不放弃高压的水銀-石英灯。除此之外, ПРК 型水銀-石英灯放出很多热, 并放出大量臭氧, 它能在許多产品中加强氧化过程, 特别是在脂肪中。

曾經在培养基中, 在产品表面上和各种研究对象上研究过在

封閉的及通风的存放地点的空气中紫外射綫的灭菌和灭微生物作用。儲藏地点的溫度状况是不同的——由 0°C 到 37°C 而相对湿度由 75—80% 和 95—100%，也就是接近于放在小室、仓库、堆棧中的易坏产品的普通儲存条件。肉类和肉产品是在不同体积的小室中以悬挂状态保存的，用在一定面积上的瓦特数来表示的輻射功率是根据在空气内的最大灭菌作用和产品可儲藏性的程度来算出。所有的实验都有同样成分，重量和同样外部儲藏条件的对照样品。根据五官感觉和化学的，生物的及細菌学的征示对产品的质量經常地进行了检查。

根据对細菌，霉菌孢子和霉菌菌絲体进行照射的实验結果进行分析，証明了它們的消灭和菌的种类和年齡有关，同样也和輻射能的性質，照射時間，周圍空气的溫度和其他外在因素有关。

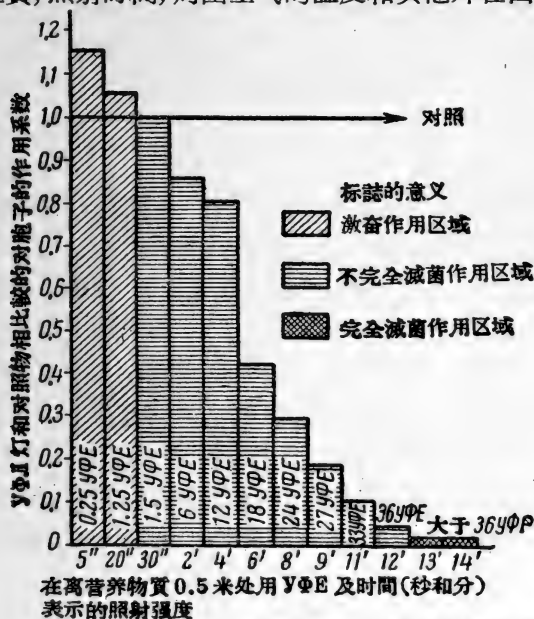


图 1. 在溫度 $+16^{\circ}\text{C}$ 时 БУВ-15 照射灯的紫外射綫对霉菌孢子的灭菌能力和射綫

为了查明紫外射线作用的力量，我们在固体培养基上进行了均匀的细菌播种，一半的培养皿在照射前用黑纸板遮盖，而另一半则受到不同时间的照射。被不同剂量的射线照射以后，微生物立刻就被迁移到在恒温槽内的蔽光的培养皿中来进行群体培养。把被照射的半边容器中群体的数目被对照(未被照的)容器中群体的数目来除，就可以得到紫外射线的灭菌程度。紫外线剂量越大则这个比值越小，最后，当在被照射容器中没有一个细菌时，这个比值变为零。射线流的这个剂量就被确定为被照射微生物的全灭菌剂量。

在图 1 及 2 中总括了 200 次紫外射线对霉菌孢子作用的实验结果。

强度的关系

所得的结果能够建立紫外射线对于细菌细胞和霉菌孢子的影响的确规律。紫外射线的作用正比于照射时间和照射光流的强度。

a) 微量剂量的紫外射线(在几秒钟内的照射)对细胞的生长和发育及对无性菌丝体孢子机构的形成，有显著的激奋作用。

б) 当对于细菌和孢子的剂量在从 0.5 到 36 $\text{Y}\Phi\text{E}$ ，对无性菌丝体的剂量在从 16.5 到 50 $\text{Y}\Phi\text{E}$ 时，能够观察到对于细胞的成长和发展的抑制作用。适应性较差的细菌死亡了，另一部分虽然活着，但是受到变形，并且成长得很坏。这个范围称为不完全灭菌或不完全灭微生物范围。

в) 当对微生物的剂量高于 36—46 $\text{Y}\Phi\text{E}$ ，对菌丝体高于 50 $\text{Y}\Phi\text{E}$ 时，在细胞中生活的过程停止了，并且发现在坚硬的培养基的表面上，细菌完全消灭。这个范围认为是完全灭菌范围。

г) 长期的照射(1—3 小时)形成细胞的溶解或溶散，在液体媒质中不形成混浊和沉淀，因此，也必需指出溶解作用范围。

在培养細菌的最适溫度下（由 $+20^{\circ}\text{C}$ 到 $+37^{\circ}\text{C}$ ）紫外射綫給予它們最有效的杀害作用，随着周圍空气溫度的降低（由 0°C 到 10°C ），細菌对于射綫能量作用的稳定性急剧地升高。例如，要使甘草杆狀菌类型的孢子状态死亡，在 $+37^{\circ}\text{C}$ 需要曝光 19 分鐘，而在溫度 $+2^{\circ}\text{C}$ 以下—19 分 42 秒。这个規律性在同样的程度上适用于霉菌的孢子。

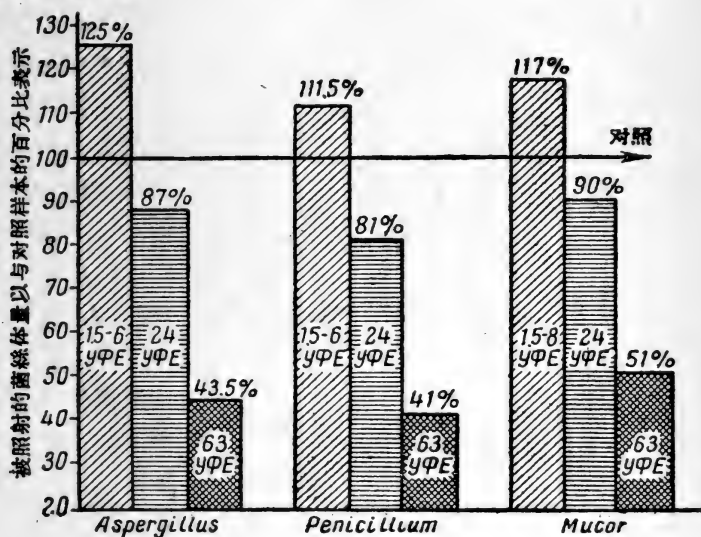


图 2. 不同强度的紫外射綫对霉菌的生長和数量的影响
的相对指标(在距离为 30 厘米处)

在图 3 中指出 *Mucor spinosa* 孢子对紫外綫的照射在不同的溫度条件下有不同的反应。例如孢子的死亡，在溫度 $+25^{\circ}\text{C}$ 时比在溫度 $+2^{\circ}\text{C}$ 时快 2.5 倍。

在最适溫度之下，微生物生長加强并进行繁殖，它們对紫外射綫最为敏感。降低溫度（由 $+2^{\circ}\text{C}$ 到 $+10^{\circ}\text{C}$ ）是不利于生活过程的，微生物在不利的条件下，为了适应外界因素，形成比較坚固的外

壳,它大大地阻碍了射线能量的透入。格拉耶夫斯基(Э. Я. Граевский)作出假定:当

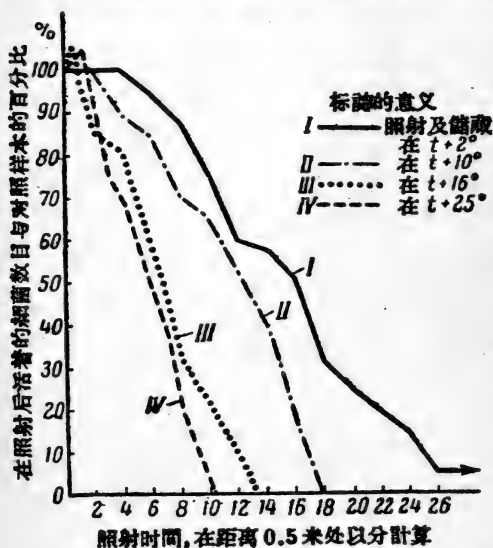


图 3. 温度条件对于紫外射线对 *Mucor sp.* 霉菌孢子灭菌作用的影响

温度降低时照射作用的削弱是由于吸收的射线能量减少而引起的,这个由细胞的吸收面积的缩小上表现出来。

但是在较高温度时受到照射后仍活着的细菌和霉菌,当把温度改变到 $+4^{\circ}\text{C}$ 到 $+7^{\circ}\text{C}$ 时,在产品表面上,它们的死亡较不照射的或在低温下照射的要大大地加快。

紫外射线不仅在固态物质上具有强的灭菌特性,而且对于清除空气中的细菌和霉菌孢子也具有很大的作用。例如,在关闭的不通空气的屋子里,空气中的微生物系在紫外线的直接作用下全部死亡了(在光流1—2分钟——5—7.5 УФЕ 的照射下,无性的种类死亡,而在7—9分钟——21—27 УФЕ 的照射下,细菌和霉菌的孢子类死亡)。在不断进行空气替换的通风房屋内(1小时空气流量多于5个体积),则在任何照射的曝光之下,都不可能达到使空气100%的消毒。

直接的紫外射线,在离光源不小于1米的距离之内,经60分钟可以杀死98.5—99.1%的自然微生物类。同样的紫外射线的

散射光杀死在空气中总细菌量的 70—76%。

反射紫外射线的灭菌作用在离灯距离大于 2 米处并不大，并平均等于 38.5%。

在射线能量所能达到的范围之内，基本的灭菌作用存在于最初的 10—30 分钟内。

为了最大限度地消毒空气，不同体积的小室在单位面积上所要求的紫外射线的功率不同。小室的体积越小，为了消毒空气所需要的，以 1 立方米内的瓦特电能来表示的射线量越大。

我们在不同体积的小室中所作的生产实验的结果在图 4 中表出（计算小室的体积和一个 15 瓦灭菌灯能消毒的空气立方米数）。

根据紫外射线具有强的灭菌作用，并且在正确的应用之下，对人的机体不给以相反的影响，所以我们利用 БУВ-15 灭菌灯照射肉类和肉类产品以延长其储藏期限。

有实际工作者参加的生产实验，

由 1945 年开始，在正常的温度下在以 C. M. 基洛夫命名的列宁格勒肉类联合企业中进行，而随后还在列宁格勒商业网内进行。

为了研究延长在冷藏状态中的肉类和腊肠制品的储藏期限，

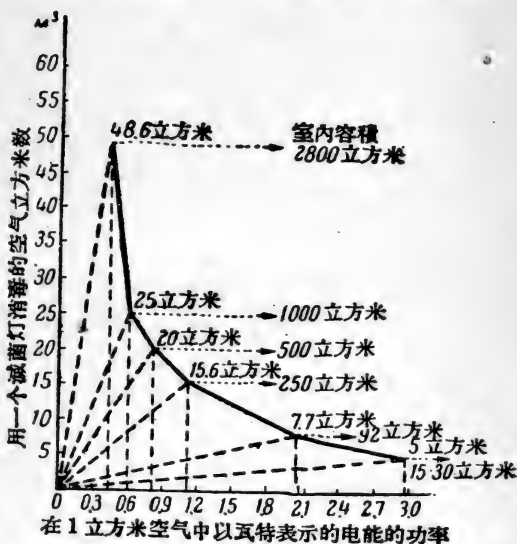


图 4. 当温度由 +16°C 到 +18°C 时 БУВ-15 灯的最大灭菌作用和小室体积及在 1 立方米空气内的紫外射线功率的关系

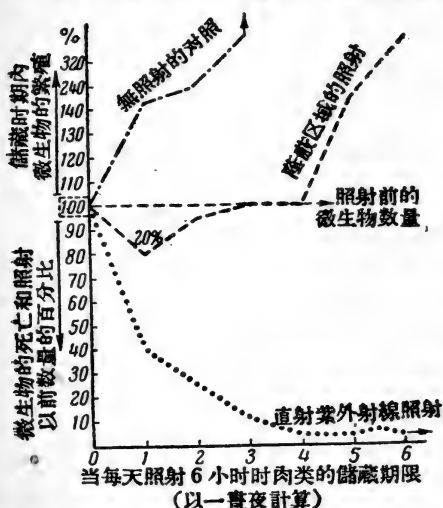


图 5. 在不流通空气的小室内直射的或散射的紫外线消毒猪肉表面的作用 (温度 $+15^{\circ}\text{C}$ 每天照射 6 小时距离灯由 50 到 280 厘米的不同区域中的平均值)

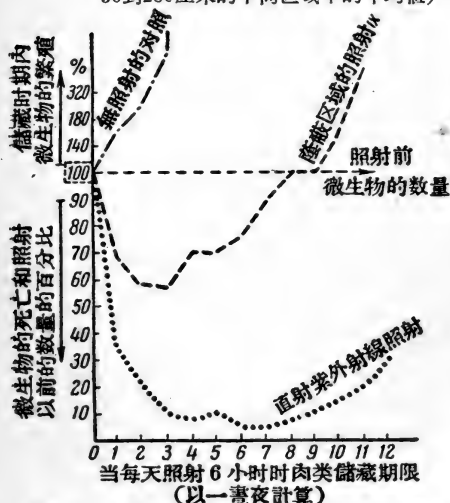


图 6. 在流通空气 (替换量每小时多于 5 个体积) 的小室内当温度为 $+15^{\circ}\text{C}$ 每天照射 6 小时直射的和散射的紫外线对于消毒猪肉表面的作用

我們在不同情况下做了生产实验。计算了产品表面的消毒程度，以及在离光源不同的距离之内，在紫外射线的直接或反射的照射作用之下，它的储藏的可能性。供给部分实验小室以通风的设备，空气的替换不少于每小时 5 个体积，而另一部分小室中空气不流通。如在图 5—8 中所示，放射射线的性质（直接的或反射的紫外线）给整个猪肉体表面的微生物消毒程度以巨大影响，而空气的流动也有很大作用。

例如，直射光在离光源很大的距离上（大于 2 米）对猪肉上的微生物有强的杀害作用，而反射射线在较远的区域杀菌作用剧烈地降低。然而这个作用在每晝夜 12 小时的曝光之下（有两次相等的间隔）能

保证在具有空气对流的小室中，和良好的温度之下比较长期地储藏肉类产品。

在不流通空气的小室中储藏肉类产品，在较远的区域中微生物开始迅速地繁殖(在4—5昼夜后)，产品也随之败坏。

在对不论是被照射的或对照的肉类产品进行细菌研究的同时，还根据它们对人类是否无害和新鲜的五官感觉和化学的标准进行了分析。此外，用被照射的产品长期饲养实验家畜(鼠，猫和狗)，并且不断进行周期性的生理状态检查和病理解剖的研究。

在表1和2中是在正常温度下用紫外线照射来储藏的肉类和腊肠的质量指标。

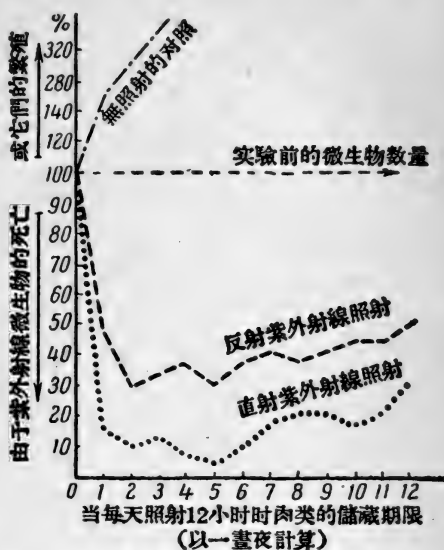


图7. 在具有通风设备的小室中温度为 $+15^{\circ}\text{C}$ 并每天照射12小时紫外线对于消毒猪肉表面的作用

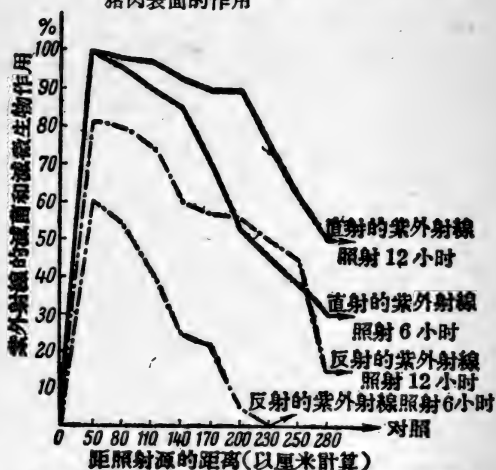


图8. 在空气流通的小室内紫外线对于消毒猪肉表面的作用。在不同的距离上每昼夜照射6和12小时(有两次相等的间隔)

表 1 在温度+16°C 空气相对湿度 95—98% 时利用紫外射线所储藏的牛肉质量指标

指 标	肉 类 質 量 的 評 定 結 果	
	在照射下儲藏經 12 天	在无照射下儲藏經 4 天
外觀	表面有干燥的, 紧密的 淡白色的干硬皮	表面是潮湿的, 黏的, 有 时遮盖上霉
肉类的气味和顏色	在切断面上是紅色, 有 牛肉的美好的独特的气 味, 肉汁透明	腐败的气味, 而切断面 是帶青白色的赭色, 肉 汁混濁
煮成的肉湯	透明, 味香, 脂肪味正常	混濁, 帶有渣末, 气味腐败
維持在肌肉深处的微生 物数量	球菌的个别存在	严重地染上細菌和球菌
在微生物毒素中的顏色 反应	負	正
培养基的 pH	6.15	7.25
系数: 酸性的滴定—— 氧化力	0.55	0.09
蛋白質的完全水解	存在着蛋白脲和……	存在着阿莫尼亞和硫化氫
和过氧化酶的作用	正	負
脂肪——原料表面的含 酸量的数目	1.80	8.55
和醛, 酮的作用	負	正

表 2. 在室內溫度为 $+12^{\circ}\text{C}$ 每晝夜照射 12 小时之下,
儲藏在室內的煮熟腊腸的質量指标

指 标	在 照 射 下	无 照 射 (对照)
	在 14 晝夜儲藏后 观察的結果	在 3—4 晝夜儲藏 后观察的結果
外表狀況	外壳干燥而有彈性, 沒有薄的霉层, 紧密地貼在餡子上	外壳潮湿易从餡子分开, 出現黏液
餡子的顏色	粉紅色, 均匀, 肥肉是白色的	在外壳下有深灰色的圓圈, 肥肉有些地方稍帶黄色
气味和味道	正常, 沒有腐爛性和酸性	外面的部分腐爛, 特有的气味减弱
1 克餡子內的平均細菌 数量		
a) 外壳下	355 (球菌和甘草杆菌)	24000 (多种微生物)
6) 心子中	885 (球菌和甘草杆菌)	11940 (多种微生物)
餡子內脂肪的含酸量数 值	2.20	2.80
氨和硫化氫的存在	—	±

附註: 用紫外綫照射过的半通臘腸在 $+16^{\circ}\text{C}$. 和 $+10^{\circ}\text{C}$ 下保存时質量指标在 30—40 晝夜中不发生改变, 而对照样本在第 6—8 晝夜时已复盖着霉了。

在上述工作的基础上, 我們得到以下的基本結論。

1. BYB-15 和 BYB-30 灭菌灯的紫外射綫如果在 1 立方米內有 0.3—2.5 瓦特电能 (相应于儲藏地点的大小), 就能够不仅消毒空气和肉类产品的表面, 而且能延長易坏产品的儲藏期限而不改变它的商品質量。

a) 帶脂肪的原料半猪冷藏肉儲藏于肉类联合企业中,在溫度由 $+15^{\circ}\text{C}$ 到 $+18^{\circ}\text{C}$ 及相对湿度95—98%之下,借助予直接的紫外射綫(每晝夜曝光12小时,并且有两次相等的6小时間隔),在12—14晝夜中不改变本身的感官的和化学的狀况。而对照的半猪在3天內就遭到腐爛并繼之以生霉。

6) 直徑大于5厘米的煮熟腊腸,在同样的外部条件之下保持它的新鮮不少于16—20晝夜。而对照的仅只48小时。小灌腸和煮灌腸能儲藏到10晝夜,然后由于水分的部分損失,外壳开始有某种綫紋。

b) 半燻的腊腸制品在30—45晝夜中不改变本身的質量状态,而对照的在6—8晝夜中就变得发黏和盖滿了霉。

г) 在企业商店的室中肉类和肉类产品的儲藏期限較短,这是由于在仓库和堆棧的搬运和轉移过程中产品严重地变髒了。然而可儲藏性比較在对照情况下增加4—5倍,这个完全能够令商业人員滿意。

д) 分裂的肉类产品和半制品在一次强的照射下(曝光5—8分鐘)儲藏的可能性大大地增加,它們在4—5晝夜內不損坏。

2. 利用联合作用(紫外射綫和冷藏)能够在更長期限內保持肉类和腊腸制品的新鮮和商品外貌。为此,我們建議开始在溫度由 $+15^{\circ}\text{C}$ 到 $+18^{\circ}\text{C}$ 照射1—2晝夜,随后降低溫度到由 $+2^{\circ}\text{C}$ 到 $+7^{\circ}\text{C}$ 并每天照射6—12小时。用这个方法,半猪在冷藏状态25—30晝夜內不改变新鮮的程度。在紫外射綫的照射下,肉类的冰冻改进了它的商品面貌,及除去了其他气味。

3. 紫外射綫很大地加快了肉类的煮熟过程并改善味道的性質,而比肉类儲藏在溫度由 $+2^{\circ}\text{C}$ 到 $+4^{\circ}\text{C}$ 时干燥的硬皮較紧密。

4. 在使用紫外射綫消毒和儲藏商品肉类的过程中需要遵守以下的条件:

a) 肉类产品应悬挂起来,互相不接触,并且离灯的距离不小

于 50 厘米,因为这可能发生干燥硬皮的变黑。

6) 在距离大于 2 米处,照射作用急剧地减小,这一点在室内裝置灯时必需要估計到。

в) 在射綫能流发射的期間,在室内必須保持空气的流通,每小时替换的空气不少于 3—5 个体积。空气流不应向着灯。

г) 为了防止由于干縮的自然损坏,必需在室内給以 95—98 % 范围内的相对湿度。

д) 在有发热的灭菌灯的室内,必須要遵守确定的技术安全規則(为了保护眼睛,要用專門的紧密毗連的遮盖,以免可能受光而生眼炎,或者处在离灯的距离 2 米以外)。

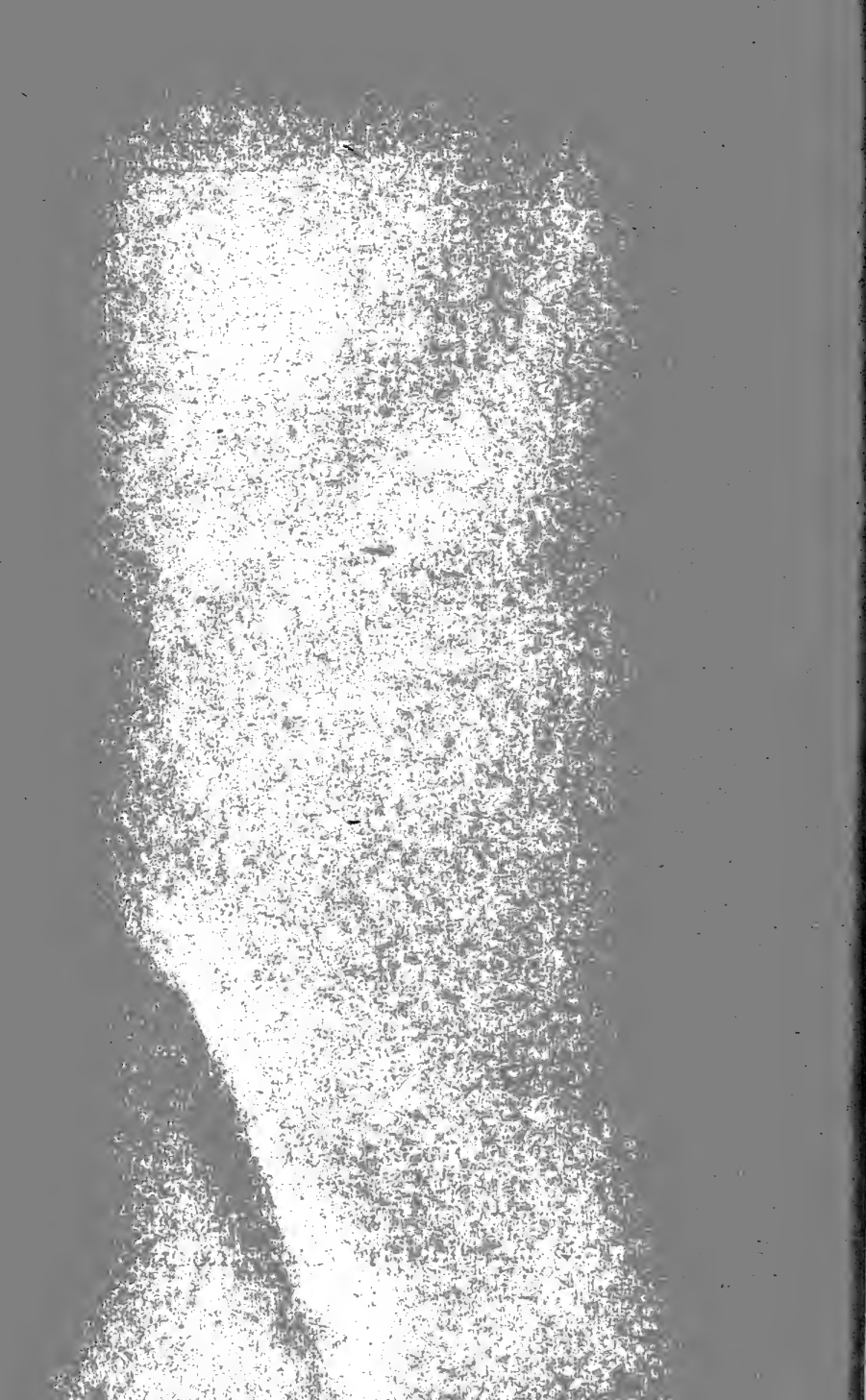
5. 使用高的相对湿度 (95—100 %) 并减低室内的空气流通 (每小时 2—2.5 个体积),可以比儲藏在更低的溫度和相对湿度之下的自然损坏减低 20—26 %。

6. 我們和高洛霍夫 (М. Г. Горохов) 工程师 (食品省内管理处) 一起确定了利用灭菌灯和冷藏設備的經濟效果的比較。在 31 号商店的具体例子中,我們应用相应的标准計算出,如果利用紫外射綫能得到很大的节省。按照 31 号商店使用 6 个灭菌灯来代替 3 个冷藏設備,平均每年的总节约是 10928 盧布。

在实际工作者的参加之下,在生产基地上对提出的問題作了多方面的研究,我們做到了在列宁格勒肉类联合企业、第一号腊腸工厂、葯剂工厂、第二号面包厂和許多商店的生产条件下利用了紫外射綫。

根据所获得結果和估計到很大的經濟效果,應該建議在肉类企业、冷藏室、专业商店、在仓库、堆棧、公共食堂中更广泛地采用紫外射綫来保存肉类产品。

[周綺云譯。作者: М. М. Данилов. 原題: Использование ультрафиолетовой радиации для обезвреживания помещений и увеличения срока хранения скоропортящихся продуктов при положительных температурах.]



IV

高频率电流在农业中的应用

VI

THE LANCET

在高頻率電場中加熱時熱量和 水分輸送的基本規律

Г. А. 馬克西莫夫

(蘇聯科學院生物物理學研究所)

濕物體的加熱和冷卻是一個複雜的熱物理過程。這種過程的性質決定了受濕熱處理(гигротермическая обработка)的材料的技术特性。例如，由於材料中水分運動的結果就可能發生水溶性成分的移動及物理結構、彈塑性和吸濕性的改變。

水分的形式及其與材料的結合能，以及它的物理結構，對於材料中進行濕熱過程的性質都產生重要的影響。所以，如果不在某種程度上引起材料內部的變化，則濕熱過程很難有可能進行。

高頻率電場中濕潤材料的加熱具有許多熱物理性質的特點，這些特點的研究有很深刻的理論興趣。象下面一些實際問題的解決，例如如何選擇高頻率(ВЧ)加熱的最佳條件，以及根據水分遷移的一定機構來創造水分定向流動(液體或氣體狀態)，都不可能沒有熱量交換和質量交換過程的知識。

當用外源以傳導或對流的方法加熱時在各向同性的物體中就發生溫度場。這是由熱量非均勻性的分布而引起的。在這種情況下，熱量就從溫度較高的地方流向溫度較低的地方。可以用傅利叶(Фурье)定律來表示這種情形：

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = -\lambda \nabla t, \quad (1)$$

式中 q ——热量； λ ——导热系数； ∇t ——温度梯度。

同时，水分是从水分較多的地方向較少的地方运动。因此，当加热湿物体时，热量輸送过程就被水分和可溶解于水的物質(即質量)的輸送过程复杂化了。

当用外热源加热时，物体內部的温度梯度很小，因而材料內部的的水分交换也是微不足道的。在这种条件下，热量交换可以看成不受水分交换的影响。

以高頻率电流(TBЧ)加热湿润材料是一个具有內部正热源和負热源的加热过程，它被物体与环境热量交换和質量交换复杂化了。正热源就是由电介質消耗所形成的热量，負热源則是靠內部蒸发而形成的。

以高頻率电流加热湿润材料的时候发生反常的温度梯度(材料深层的温度高于材料外层的温度)，这种反常的温度梯度有时达到很大的数值。在这种情况下，温度場影响到湿度場，严重地改变着水分的轉移的机构。

当采用高頻率加热时在材料內部会发生水汽压，在这种情况下，这种水汽压也是影响材料內部的热量和質量輸送的輔助要素。

液体的半导体以高頻率电流加热的性質也与平常的加热不同，它是等速或加速度进行的，可是用外热源加热时随着温度的增高，加热是逐漸緩慢的。

应该指出，除了以高頻率电流加热以外，使湿润材料加热的任何其他的方法都沒有上述的特征。当用高頻率电流加热时不管質量交换而研究热量交换是不可能的。为了这个目的提出两个微分方程式：热量交换方程式(2)和質量交换方程式(3)。同时，材料內部水分蒸发的地方性速度和在該地区水分变化速度成正比。

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{Q}{Cr} - \frac{\varepsilon \rho}{C} \frac{\partial u}{\partial \tau} \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = k \nabla^2 U + k_{\delta} \nabla^2 t \quad (3)$$

式中 ρ ——蒸發潛熱， ε ——內部水分蒸發係數，它表示水分以液體形式或氣體形式所輸送的数量。當 $\varepsilon = 1$ 時，水分只是氣體形式的輸送，材料內部發生蒸發，而不發生質量輸送的現象。

因此，對於乾燥的材料來說 $\frac{\partial u}{\partial \tau} = 0$ 。

設所提出的兩個微分方程式的起始條件如下：

$\tau = 0$; $t(x, 0) = t_0$; $U(x, 0) = U_0$; 對稱條件：

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \frac{\partial u(0, \tau)}{\partial x} = 0;$$

邊界條件：

引入的水分 表面上減少的水分

$$k\gamma_0(\nabla U_n + \delta \nabla t_n) - [\beta\gamma_0(U_n - U_p)] = 0$$

以導熱和對流所引入的熱量 熱量的支出

$$\underbrace{-\lambda \nabla t_n}_{\text{導熱性}} + \underbrace{\alpha(t_c - t_n)}_{\text{對流}} - \underbrace{\rho m_1}_{\text{表面上負的熱源}} = 0$$

m_n 常數 $= (1 - \varepsilon)m$ ——在固定速度時期；

m 變數 $= (1 - \varepsilon)\beta\gamma_0(U_n - U_p)$ ——在減速度時期。

所提出的兩個微分方程式的解是很複雜的。在這個工作中我們根據基爾皮切夫 (М. В. Кирпичев) 院士及其學派的相類理論而求得標準型方程式的解。

在所提出的方程式中，採取了一維的問題，這對於問題的實質沒有原則上的差別。

根據上述方程式以及單值條件 (однозначность)，在這裡我們得不出標準方程式的結論，而直接產生微分方程式 (2) 和 (3) 的標準型式 (4)、(5)：

對於熱量交換來說：

$$t = f\left(\frac{\xi}{1}, Fo, Bi, Lu, Pn, Ko, Po, Pd, Ki\right) \quad (4)$$

对于水分交换来说:

$$U = f\left(\frac{\xi}{1}, Fo', Bi', Pn, Ko, Po, Ki'\right) \quad (5)$$

式中:

$\frac{\xi'}{1_1}$ ——相当于坐标 x, y, z 。

应该说明标准式的意义。

$Fo = \frac{a\tau}{x^2}$ ——傅利叶的 гомохронность 热学标准, 它表征温度场分布的动态(不管时间)。

$Fo' = \frac{k\tau}{x^2}$ ——傅利叶湿热标准, 表示湿度场中变动的分布的动力学。

$Bi = \frac{\alpha}{\lambda} R$ ——比奥(Био)的热学标准, 表示物体表面与环境之间的热量交换。

$Ki = \frac{q_{\text{нзлуч}} \cdot R}{\lambda(t_n - t_0)}$ ——基尔皮切夫的热学标准, 表示热源热流密度与物体中最大可能热流密度的比值。

$Ki' = \frac{mR}{K\gamma_0 \Delta U}$ ——基尔皮切夫的湿热标准, 表示移出水分与引进水分的比值, 即蒸发强度与相应层水分引进量的依存性。

$Lu = \frac{K}{a}$ ——雷科夫(А. В. Лыков)的标准, 表示湿度场对于温度场的惯性。

$Ko = \frac{P \Delta U}{\lambda \Delta t}$ ——考索维奇(Коссович)的标准, 表示蒸发与加热所耗损的热量的比值。

$Po = \frac{KR^2}{\lambda \Delta t}$ ——坡密郎采夫(Померанцев)的标准, 表示在

單位質量上所产生的熱與所耗損在濕潤材料加熱上的比熱之比值。

$P_n = \frac{\delta \Delta t}{\Delta U}$ ——坡斯諾夫 (Поснов) 的標準，表示僅在溫度

濕度傳導性的作用下，濕度場的不均勻性。

$P_d = \frac{KR^2}{a}$ ——普列德沃齊切列夫 (Предводителев) 的標

准，表示熱源場對溫度場的作用。

所述的濕熱相似標準可使複雜的微分方程式組的解變得簡易。為了解這組方程式只要直接用實驗，測定下列引入標準的熱量和質量輸送的基本系數值：

k ——表示水分輸送數量的水分傳導系數(平方米/時)；

δ ——熱梯度系數(1/度)，數量上是等於1厘米長度上溫度

降低1度時濕度增加的數值，即 $\delta = -\frac{\partial u}{\partial t}$ ；

a ——導溫系數(平方米/時)；

α ——熱量交換系數(千卡/平方米·時·度)；

β ——水分交換系數(米/時)；

λ ——導熱系數(千卡/米·時·度)；

m ——蒸發強度(千克/平方米·時)。

水汽壓的形式是在用高頻率電流加熱的濕潤材料里具有溫度梯度的自然結果。顯然，增長着的水汽壓的值隨材料的結構、濕度，以及過程進行的速度而轉移。

在高頻率加熱時，材料內部的水汽壓是體積壓力強度和此相聯系的各種現象的泉源。同時增加水汽壓是熱量和質量輸送的補充要素。這種情形明顯地表明研究在高頻率加熱時的壓力有很大的實際興趣和理論興趣。

為了測定在高頻率加熱時發生的壓力起見，已經創造了專門的儀器。對濕潤的石英砂粒、黏土和木材曾進行了研究。將材料

样本制成正确的几何形式(立方体、平板、圆柱体)。把一个微压力计和样本紧密地联接起来,压力计接受器(датчик)的位置沿着中心对称轴和电场强度。使液体温度计与微压力计的接受器直接紧挨着。在这种试验的装置下,就可以同时记录温度场和压力场的变化。由于过程进行是很快的,温度表和气压表所指示的记录用每3—5秒交替一次的连续照相机拍摄下来。

在许多试验中从测定温度和压力的地方得到湿度的样本,这就可以作成湿度场的分布图。在图1上表示纵树方块中的湿度、温度和压力的分布图。方块的大小为 $60 \times 80 \times 200$ 毫米,开始的温度为33%。

从所进行的初步试验中可以作出下列结论:

1. 在已知的加热时间内压力场和温度场是相似的。

2. 用高频率加热湿润的砂粒、黏土和木材到 85°C 以前的情况没有压力场,而压力等于大气的压力,然后,压力开始随着温度而增加,形成压力场,它的分

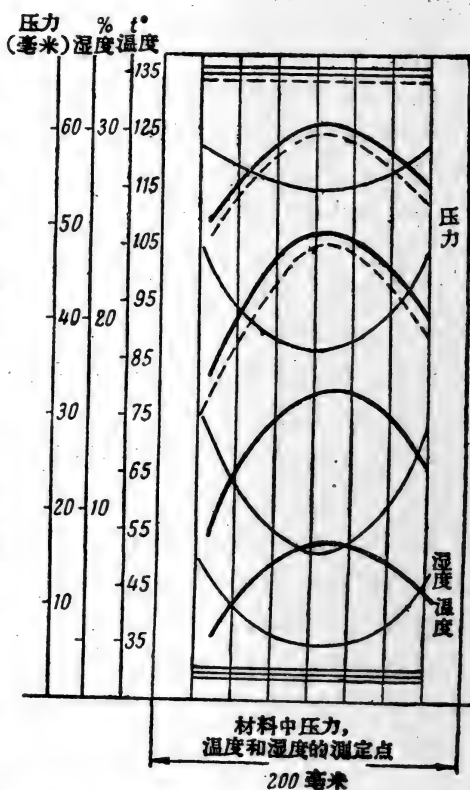


图1. 木块(纵树方块 $60 \times 80 \times 200$ 毫米)以高频率电流加热时,压力、温度和湿度场的分布

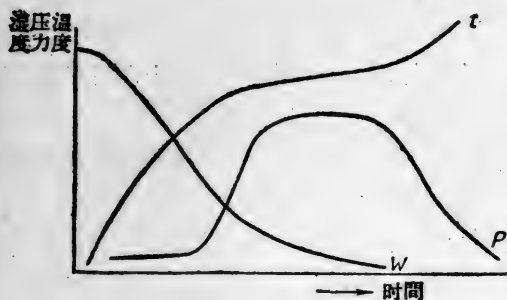


图 2. 以高频率电流加热时,在木块样本中湿度、压力和温度的变化

布也象温度场那样具有抛物线的性质。

3. 温度场和压力场分布的抛物线相似是发生在材料到达一定的湿度含量以前(接近于吸水点),而温度和压力分布曲线是等距离的。

4. 湿度场的分布也有抛物线的性质,而抛物线的顶峰向下,相当于湿度的最小值。

5. 当继续加热和脱水时,压力并不增加;抛物线上压力场的分布由抛物线转为直线性,而且渐渐地下降到大气压力。

6. 温度继续升高不是由水汽过热而引起的,而是由于颇大程度上脱水的材料中介质的加热所引起的。

为了得到关于在同一区域中用高频率加热的木材样本中压力、温度和湿度的变化性质的清楚概念,我们引用图 2 上的图解。

根据上述材料可以得出这样的结论:在任何热源的情况下,如存在着温度梯度和湿度梯度就可以实现物质的输送。而在内部热源的情况下,具有一般压力梯度也可以实现物质的输送。

在高频率加热情况下的热量和质量的输送机构与其他方法加热情况下是不同的。

最近的任务就是找出能单值地决定输移位势 (потенциал переноса) 的指标。

湿度、压力和温度的水平差是输移的动力。所有这些局部的动力可以归纳为一个由雷科夫所提出的新的指标——输移位势,

这个指标类似温度位势。

引入这个位势后,上述湿热类似的标准数目就要大大的减少,虽然这完全不排斥利用上述标准的可能性,象以上所指出的那些标准的优越性就是概念简明。

在天然条件下,例如,当植物种子靠水化热作用浸湿的(膨胀)情况下,也可以观察到反常的温度梯度。

最初我们就指出过:水分的形式及其与材料的结合能以及它们的物理结构,对于湿热过程的进行影响都很大。

水与胶体结合的过程,在这种情况下即与种子内胚乳(淀粉、植胶)结合的过程,类似带有不同分子量的两种液体的混合过程。

试验证明在胶体吸收水的同时,发生胶体系统的收缩,因此放出热。

发生的热量由已知的公式(2)来决定。

$$Q = \frac{aU}{b+U},$$

式中 Q ——水化作用的积分热量,以卡/克表示之; U ——胶体湿度,以克/干物质克数表示之; a 和 b ——常数。由此可得微分水化热量和湿度的关系:

$$\frac{dQ}{dU} = q = \frac{ab}{(b+U)^2}$$

式中 q ——水化作用特异的微分热量,即在吸收 1 克水的情况下,所分泄热量的卡数。

当然,随着湿度增加 q 将减少。同时当 $U=0$ 时热效应为最大。

下列资料^[2]作为水化作用最大微分热量的例子:

热量(q), 卡/克	热量(q), 卡/克
甘 油——20	菊 糖——420
精制胶——228	面 粉——440
瓊 脂——265	硫 酸——550

纖維素——390

黑鈣土——625

很容易說明在植物種子膨脹時，在種子內部產生的熱量（反常的溫度梯度）將是種子所含水分和水溶性成分發生輸移的泉源。考慮到種皮（例如，小麥、黑麥）的透水性比包圍着胚胎的組織小得多，所以可以有充分理由假設：植物種子膨脹以後，在一定的熱條件下，由於種子內部所發生的熱量而輸移的水分中，含有水溶性成分輸送到胚胎中去。

也可以假定：類似的天然濕熱處理，可以用高頻率交流電加熱和冷卻種子這樣的人工處理來代替。在蘇聯科學院通訊院士 В. П. 沃羅格金（В. П. Вологдин）的領導下，高頻率電流研究所的科學工作者已經進行了類似的工作，而且說明在收穫量、發芽能量以及發芽率的增加的多數情況下都取得了良好的結果^[4]。

參考文獻

1. Максимов Г. А. 1954. Тепло- и массообмен при нагреве влажных материалов в электрическом высокочастотном поле. Промышленное применение токов высокой частоты. Докл. Второй Ленинградской конференции. М.—Л.
2. Лыков А. В. 1950. Теория сушки. Госэвергоиздат. М.—Л.
3. Лыков А. В. 1954. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. Гос. изд. техн.-теорет. лит.-ры. М.
4. Фогель А. А. 1954. Применение высокочастотного нагрева для сушки и повышения посевных качеств семян. Промышленное применение токов высокой частоты. Докл. Второй Ленинградской конференции. М.—Л.

〔袁嘉祖譯。作者：Г. А. Максимов。原題：Основные закономерности переноса тепла и влаги при нагреве в электрическом поле высокой частоты。〕

用高頻率加熱法提高小麥種子的播種品質

A. A. 富格里

(蘇聯科學院巴依考夫金屬研究所高頻電熱實驗室)

以此文紀念瓦連舍·別特洛維奇·沃洛舍

以高頻率電磁場處理種子至少必須考慮到三個可以影響種子播種品質的因素：1. 加熱種子所達到的溫度。2. 達到這個溫度及該溫度繼續作用的時間。3. 種子本身的濕度。在一定的時間內加熱至一定溫度時播種品質的改變取決於種子的濕度。

當以頻率相當高、比功率(удельная мощность)相當大的電磁場處理種子時，加熱的效果表現得極其明顯。為了確定播種品質改變的原因究竟是電磁場的特殊作用還是它所激發的熱，我們進行了下面的實驗。

將新收割的濕度為 23% 的季阿蒙特(Диамант)春小麥的種子干燥到濕度為 12%，先用天然的方法干燥，然後在真空中干燥。種子的溫度不能超過 35°C ，即不超過被太陽曬熱的穗粒所具有的溫度。一部分干燥後的種子用高頻電磁場很快地加熱，另一部分相同的種子用熱力的方法在同樣長的時間內(幾十秒鐘)加熱至同一溫度。

為了保證在用熱力的方法能夠很快地加熱，將洗淨了的預先鉗了孔的細石英砂子用來作為加熱種子的媒介。100 個種子利用特別的裝置同時裝入熱至規定溫度的砂子中(圖 1)。這樣每一個谷粒獨立地裝了進去，彼此不相接觸。只要經過兩秒鐘，種子的各部分就可以變到砂子的溫度。試驗證明種子發芽力和發芽率的變化在加熱時間一定的條件下決定於它的溫度，實際上與加熱的方

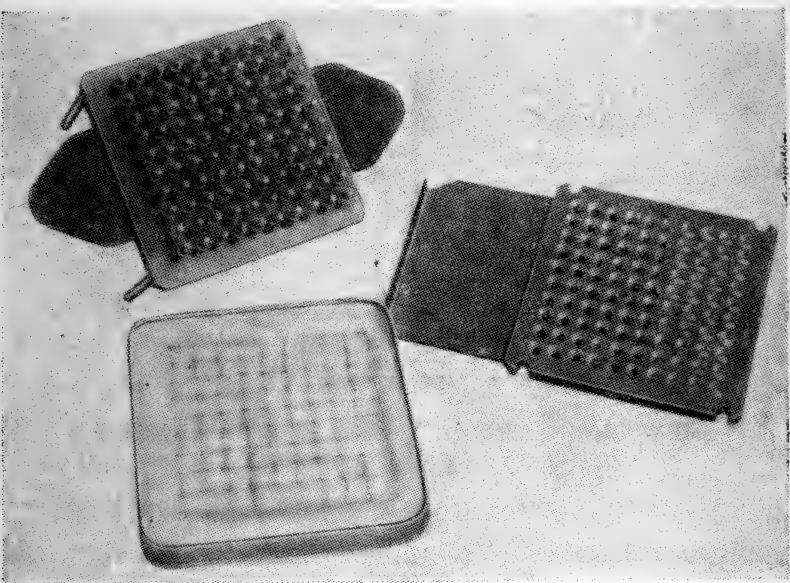


图 1. 加热匣具有热的石英砂子, 以特别方法装入种子

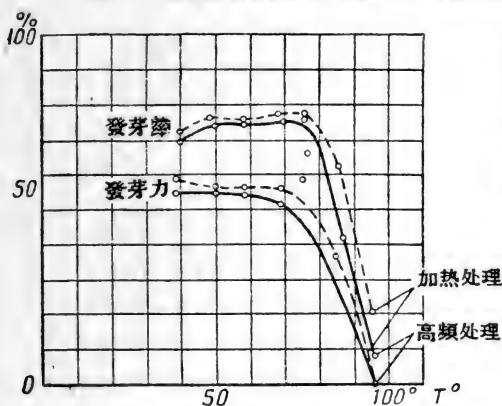


图 2. 小麦种子在以不同方法但同样长的时间加热后, 发芽力与发芽率的变化
——高频加热
.....在灼热石英砂中加热

法无关 (图 2)。

本实验指明高频率加热底热力影响。

图 3 是高频率加热的典型图表, 它表示新收割的彼列德斯卡娅 (Передская) 品种冬小麦的播种品质随温度而变化。

通常由于高频率发

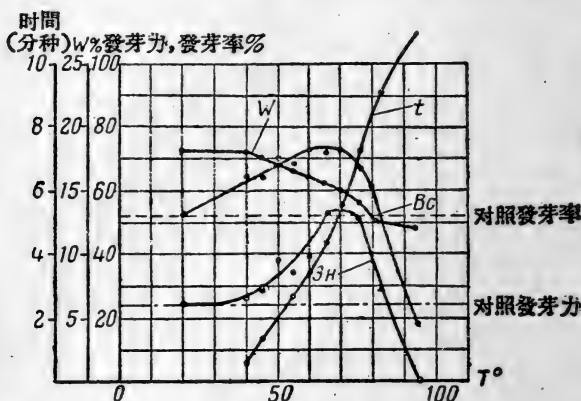


图 3. 在该种加热时间及湿度变化的性质下, 新收割的小麦种子的发芽力与发芽率随温度改变的典型曲线

生器的功率有限, 在提高加热温度的时候, 加热的时间就增加了。如果加热是或快或慢地进行, 但快慢的限度要使谷粒的湿气来得及放出一部分, 那末按照温度升高的程度谷粒的湿度相应减小。如果加热时间和种子湿度一定, 发芽势与发芽率的曲线在适当的温度时有一个明显的极大值。

种子播种品质的变化依赖于温度的这种典型特性, 在收割以后的后熟期中也保存着 (图 4), 只有一点不同, 即当大大地加热时种子部分地恢复其

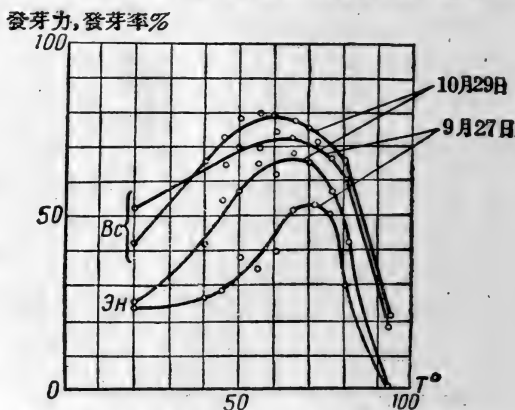


图 4. 经过高频率加热的小麦种子的播种品质按收割后熟期的增长

17/9—第一期播种日—处理种子后 11 天;
29/10—第二期播种日—处理种子后 53 天;
ZH—发芽力; BC—发芽率

播种品质。至于没有经过加热和干燥的潮湿种子，播种品质则经常地降低。为了弄清楚加热时间的影响，曾把湿度为 13—14% 的烏拉尔紀念 (Память Урала) 品种的春小麦谷粒在不同的时间内加热至相同的湿度。按照获得的数据，构成了在各种温度下发芽率随着加热时间变化的曲线 (图 5)。

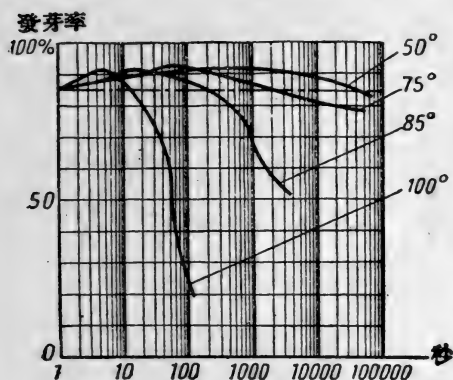


图 5. 在加热温度不同的各种情形下春小麦烏拉尔紀念的发芽力随加热时间的变化。曲线上的数字表示加热温度的摄氏度数

热 10 小时 (40,000 秒) 以上，种子的发芽率并不降低。但同时如果在温度 100°C 下加热，在 100 秒时发芽率就降低到 20%。在 100°C 下加热 4 秒钟则发芽率略微提高。

由此可见，对于湿度一定的种子，而这湿度比较低时，加热的时间对播种品质的影响就很小。

为了确定在消除温度影响的条件下，湿度对种子播种品质影响的程度，曾将新收割的冬小麦和春小麦的种子在室温下经过风干，又在真空中经过不超过 30—35°C 的微弱的干燥。干燥到各种湿度的种子在几十秒钟的过程中经受很快的高频率的加热。具有同一湿度的种子被热至各种不同的温度。用这个方法得到的数据能够确定在各种温度下发芽力与发芽率随湿度变化的曲线 (图 6)。由这些曲线可以看出排除湿气在提高种子播种品质方面的根本意义。一次加热仅仅略为提高了种子的播种品质。譬如使湿度为 12.2% 的种子变热到温度 50—60°C 种子的播种品质仅仅增

加百分之几。因此可以作出結論：种子的播种品質基本上决定于它的湿度。这个結論对于新收割的种子尤其正确。

但是在我們的工作实践中碰到許多在“控制湿度”（кондиционная влажность）下的种子的播种品質在加热时大大增加。

显然，这是收割后成熟期未完成而没有完全成熟的种子，不完全成熟的原因可能是气候条件不好，过晚播种或过早收割^[6]。这些种子都是稀罕的，例外的现象，絕大多数的种子需要干燥，而干燥問題不仅对于种子播种品質的提高和收割后后熟的速度有影响，而且对于預防种子在保藏期中发芽都是根本的問題。

在1885年 А. Ф. 巴塔林 (Баталин)^[2] 就已經指出种子的湿度对于发芽的影响。随后許多著者发表了一系列关于干燥对于种子播种品質的影响的作品。

应当注意在空气的平均相对湿度等于80%的潮湿气候地区，例如列宁格勒区，种子的平衡湿度达到18—20%。因此，在收割后干燥到控制湿度14—15%的种子在农庄仓库里保藏的过程中常常增加到17—18%。这些种子在播种之前最好是經過重新干燥。

田间試驗結果 在三年的工作時間內，我們用高頻率加热法干燥了30多吨小麦种子，并把它們在約300海脫尔的面积上进行

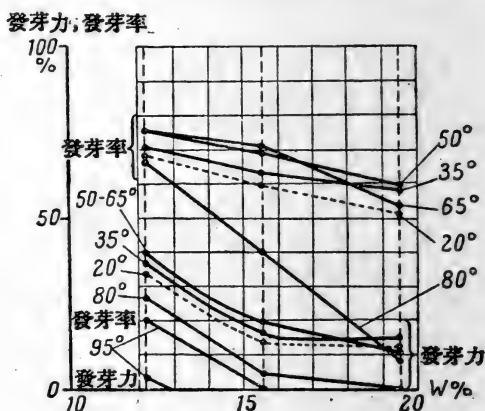


图6. 1952年 НИИТВЧ 收获的季阿蒙特品种春小麦在各种加热温度下，发芽力和发芽率随湿度的变化。曲线上的数字表示种子的摄氏温度 W—种子的相对湿度

實驗性的和對照性的播種。

經過高頻率乾燥之後，在多數的情形下種子的播種品質得到了改善。這些改善最大多數是在將打麥後剛收割的種子立刻直接進行乾燥的情形下得到的。但是，從具有提高了播種品質的種子中遠非都得到了高的收成。

在 1950—1951 年得到了高的收成。

曾經有過這樣的情況，具有發芽力 21%，濕度為 17—18% 的種子與具有發芽力 60%，濕度為 12.5% 的乾燥了的種子達到同樣的收成¹⁾。

為了將所得的結果作一客觀的比較，我們用 10 行或 24 行播種機進行播種，而將中間的兩個犁骨（сошник）點上。在半個播種機中填滿經過高頻率乾燥的實驗種子，另一半中填入對照的種子。種子播在田間形成實驗種子地帶與對照種子地帶互相毗鄰的狀況。

表 1 中列舉出 1950—1951 年各種作物收穫量的比較數字。

從表 1 所引用的數字中我們看到經過高頻率乾燥的小麥收成增加了 20% 以上。所獲得的冬小麥的谷重較小及麥稈與麥粒的比數很大，這可以由播種期太晚來加以說明。

但是，這樣的豐收並不是每年都能得到的。1952 年和 1953 年時雨雪量增加，收成就很低。

1952 年在列寧格勒區別洛高爾克實驗站進行的實驗可以引為表征性的例證。將實驗站收穫的春小麥季阿蒙特的種子經過高頻率乾燥。這樣它的濕度由 16.3% 降至 13%，而其發芽力則由 85% 增加到 90%。種子的發芽率沒有改變，仍舊為 93%。實驗種子和對照種子每平方米平均幼芽數的變化以曲線在圖 7 中表示出來。在播種後 12 天內經過高頻率乾燥的實驗種子的幼芽數超過對照種子的 2 倍多，以後幼芽的相對差數逐日減小。在孕穗以後實驗

1) 根據 1953 年列寧格勒區別洛高爾克實驗站的實驗報告。

表 1 1950—1951 年种植谷子作物的收获量

作物	种子处理日期	播种日期	收割日期	K对照 O实验	面积 米 ²	公担/公顷		单粒重量之比	实质(1升种子之重量)	收获增量	
						谷草	谷粒			公担/公顷	%
列宁格勒区的春小麦 烏拉尔纪念	5月15日	51年5月27日	{ 51年9月17日	{ K O	{ 878 878	54	17.0	3.2	648	{ 4.023	
						61	21.0	2.9	655		
列宁格勒区的春小麦 季阿蒙特	5月21日	51年5月27日	{ 51年9月18日	{ K O	{ 300 300	45	12.7	3.5	643	{ 4.334	
						55	17.0	3.1	663		
斯摩棱斯克区的春小麦 季阿蒙特	5月12日	51年6月5日	{ 51年9月25日	{ K O	{ 30 30	66	20.3	3.25	686	{ 4.723	
						87	25.0	3.48	698		
春小麦 卡赫金斯卡短分枝小麦	6月23日	51年5月29日	{ 51年10月3日	{ K O	{ 170 172	21	5	4.2	610	{ 2.042	
						32	7	4.5	613		
克拉斯诺达尔区的早熟 冬小麦	9月20日	50年9月26日	{ 51年8月27日	{ K O	{ 4.8 24	55	27	2.0	—	{ 15.557	
						86	42.5	2.0	792		
斯达维罗里区的大麦	5月26日	51年6月2日	{ 51年8月29日	{ K O	{ 25 25	66	34	1.95	635	{ 6.519	
						85	40.5	1.74	658		
裸燕麦	5月26日	51年6月1日	{ 51年9月18日	{ K O	{ 94 86	67	17.3	3.9	626	{ 1.58	
						69	18.8	3.7	636		

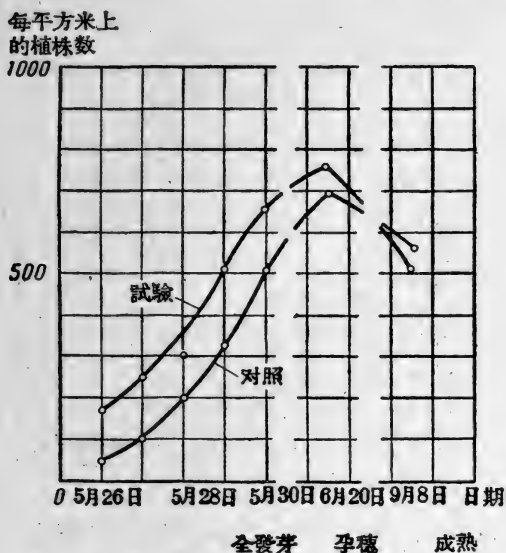


图 7. 在别洛高尔克实验站的生产地里每平方米内植物平均数目逐日改变的情形

O—经过高频干燥的实验种子。

K—对照种子。 1952年5月12日播种

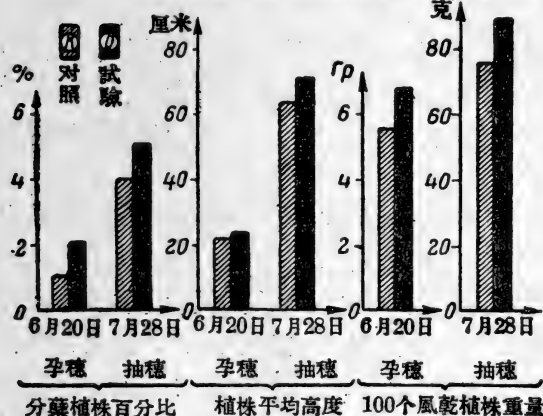


图 8. 季阿蒙特小麦的无性机体的发育别洛高尔克 K—对照种子的指标; O—实验种子的指标

植物和对照植物的数目略为减少。获得的产量是一样的, 差不多 20 公担/公顷。实验性植物分蘖的百分比数较高一些, 平均高度和风干以后的重量也较大 (图 8)。

为了说明土壤的湿度对于干燥种子和潮湿种子出芽差额的影响, 在实验室里进行了下面的实验。

经过高频率干燥到湿度为 12.5% 的冬小麦季阿蒙特实验种子和湿度为 16.4% 的对照种子在各种湿度的石英砂子中播种。实验证明砂子的湿度愈小, 实验种子和对照种子发芽力的差额愈大 (图 9)。

对于实验种子最合适的砂子湿

度是其饱和容水量的 50—60 % 左右。显然, 干燥的种子比潮湿的种子更能动地从干燥的砂子和干燥的土壤中吸取水分。

在土壤湿度較小的年度, 吸水能动性較大的干燥种子保证了植物的强烈发育和丰收。在湿度較大的年度, 干燥种子的这一特性没有能够带来显著的效果。

实验指明, 当砂子的水分过量时, 經 24 小时以后, 干燥种子与潮湿种子包含的水分几乎是一样多。但是这些水分的作用可能是不相等的, 因为溶在水中的氧也和新吸收的水一同渗透到谷粒中去。由于呼吸作用气体二氧化碳就溶解在这些包含在种子中的水分中, 二氧化碳以及某些妨害发育的其他物质对于幼芽的发育产生抑制的作用^[11]。

问题的技术解决 干燥种子时, 必须对它加热以便使谷粒中水分的蒸发并排除谷粒之间的水蒸汽。

由于干燥谷粒要求遵守适当的加热制度, 因此必须创造条件以保证湿度均匀, 温度和每一个谷粒加热时间一致, 还要保证在同样的条件下排除蒸发出来的水分。

在高频装置中能量的交换是通过电磁场来实现的, 为了保证全部种子及每一个种子本身得到均匀的烘热, 就必须保证电磁

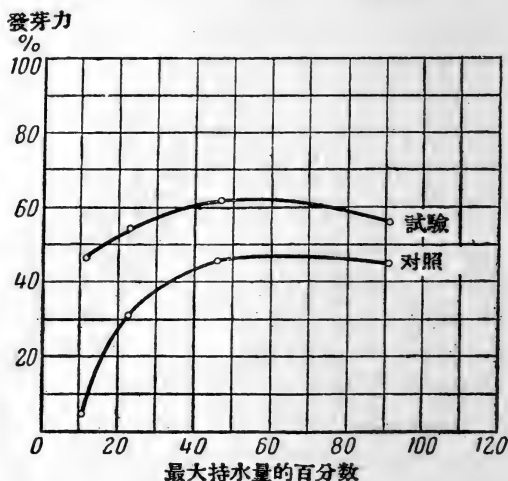


图 9. 种子的发芽力和种子湿度的关系, 实验种子湿度 12.5%; 对照种子湿度 16.4%

場的均勻性。關於如何在被加熱的物質中保持均勻的高頻率電場這個問題的詳細研究是專門報導的課題^[14]。

在設計高頻率加熱裝置時必須考慮到滲透於谷物內部的電磁能量要部分地被谷物吸收，並隨著深入的程度而逐漸消失。因此必須估計電磁能在種子中的穿透厚度（以公尺計），它可以近似地以下式表示：

$$\Delta = \frac{10^8}{\sqrt{\epsilon' \operatorname{tg} \delta} f}$$

式中 ϵ' 表示相對濕度為 18% 的谷粒在 3.6 米波長範圍時的相對介質常數； $\operatorname{tg} \delta$ 為在這一條件下消耗角的正切，它等於 0.13； f 為頻率的赫芝數。

為了保證谷物的均勻加熱，就要使谷粒的加熱層等於穿透厚度的一半。此外根據被加熱的種子堆的形狀，必須使加熱器底電極具有合適的形狀^[15]，以保證谷物堆中電磁場強度的均勻。

關於合理地引入空氣交換的方法來排除水分這個問題在最近的文獻中有很好的說明^[9, 10]。

在設計干燥種子的裝置時，主要注意之點是創造高頻率加熱器和保證谷物堆中電場的均勻性。由於採用了傳送帶裝置，所以為了實現對每一個谷粒加熱的時間相同，通過加熱器的種子必須保證有同樣的速度。

下面我們簡略地研究一下以 В. П. 沃洛金(Вологдин)命名的 НИИТВЧ 和蘇聯科學院高頻率電熱實驗室所製造的裝置。

波導加熱器 在圖 10 中引用了一張波導加熱器的照片。它由波長數量級為 40 厘米，功率 5 瓩的發生器來供給能量。

種子放在卷在管子中的呢質傳送帶上運轉，從糧箱中出來，通過作為熱源的波導，然後移動到接受種子的箱子中。

波導加熱器參數與發生器參數的配合是利用三回綫的 $1/4$ 波導變壓器實現的，這變壓器具有兩個控制輪盤和末端活塞，還有可

以移动的輪盤。

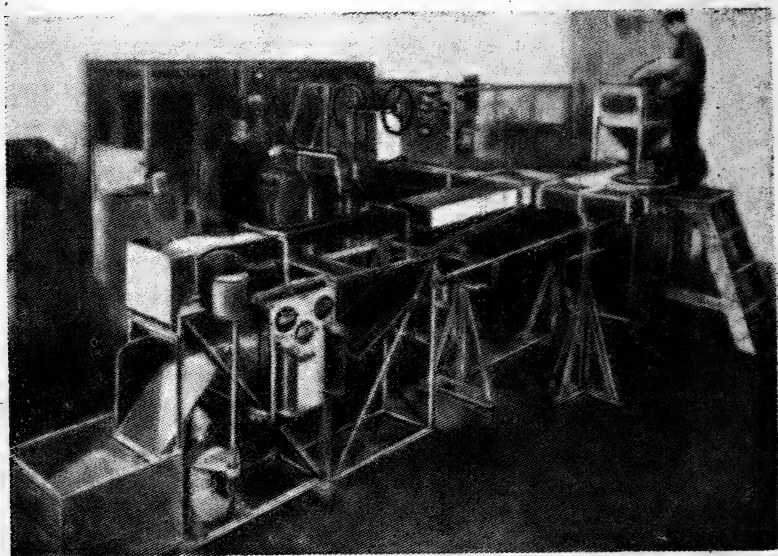


图 10. 加热谷粒的波导装置

发生器发出的能量由T形波导的一支引入而分布在其余的两支(图 11)。在波导的中央通过裝有种子的帶子。既然电場强度在寬度上的分布是不均匀的, 因此使裝有谷粒的輸送帶仅由波导

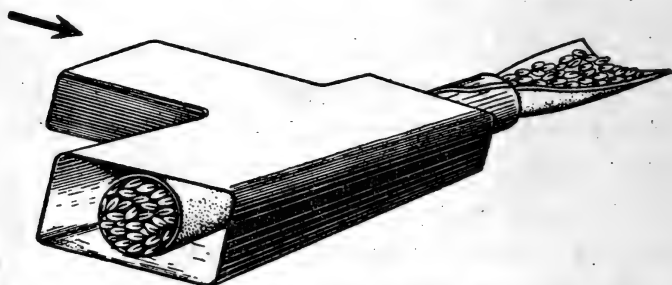


图 11. T 型波导加热器 谷粒輸送帶在中尖通过
左边的箭头指示能量傳导的方向

的中部通过,在那里电场可以近似地认为是均匀的。

波导中电场强度的分布表示在图 12 中。沿着波导的较宽的 a

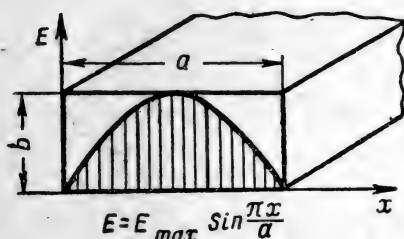


图 12. 波导中电场强度的分布

边,场强按照正弦曲线变化。中部场强最大,在等于波导宽度的三分之一的一段上。电场可以认为是很均匀的。

设计装置时必须考虑到当波导中积累了谷物时场强的分布特性要发生改变,因为谷物所具有的介电常数至

少等于空气介电常数的 2 倍以上。

种子流的直径比该频率的电磁能的穿透厚度要小一些。由于这一点,同时又由于谷物中场强的分布相当均匀,所以加热谷物时,在横截面上温度的数值相差不超过 2%。

输送带通过其中的加热波导的尺寸为 $200 \times 290 \times 136$ 毫米的发生器,电源由普通的具有稳定电压的高压整流器供给。装置处理种子的加工率在自 40°C 热至 60°C 时约为 100 公斤/小时,每一循环中去水率约为 1%。

用输送带使种子通过加热器的原则保证了对于每一颗粒加热时间十分恒定,在上述方法中种子停滞的情形是少有的。同时,输送带没有过热的危险,因为不断地有一部分进入波导的输送带。

除了上述的优点之外,输送带输送种子的方法还有些缺点,其中主要的是装置的规模很大,并且需要经常更换用坏了的输送带。

同轴加热器 如果取两个同心的管子当作导线,并将发生器通过适当的变压器联接在它们上面,而在两管之间的空间中充以某种物质,那末这些物质就会被加热。

当管子有充分的长度时,沿导线传播的电磁波的全部能量将为被热物质吸收。

图 13 中表明的是同轴加热装置的断面略图；图 14 是它的一般外貌。

自发生器发出的能量沿着同轴导线被引导到加热器。加热器是同轴导线的延长部分，它是两个网状的同心铜管，种子就在两管之间通过。

蒸发出来的水分和空气一起用抽风机通过网上的小孔抽出。

种子流从料斗顺着同心管，通过加热器外管侧面的小孔被引入到同轴加热器中。

图 15 画出沿加热器方向种子对于电磁能的吸收曲线或电磁能功率递减的曲线。测量是在波长为 100 厘米的情形下进行的。由所得的数据可见，沿着加热器每通过距离 130 厘米即 1.3 波长，能量被吸收 86.5%。

这个长度相当于通常术语中所谓的电磁能在谷物中的“穿透厚度”。

电容加热器 曾研究出了一种由公尺波域的电子管发生器供给能量的电容加热器，在这种加热器的机构中，如象上述的那些装

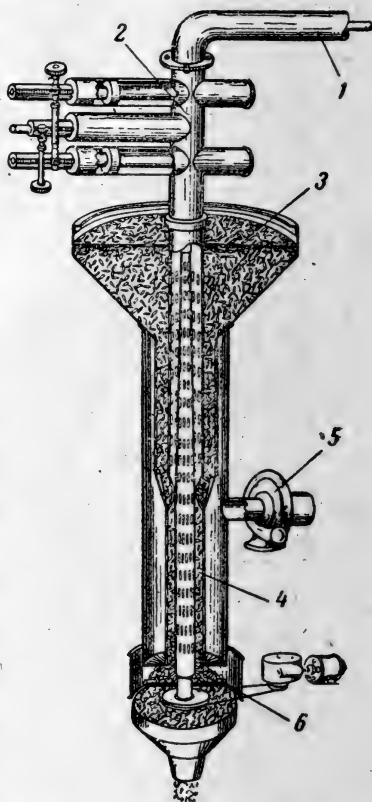


图 13. 同轴加热器的断面略图

1—从发生器引导能量的轴线；2—三回路配合变压器；3—供应谷粒的料斗；4—加热种子的作用区域；5—抽除湿空气的抽风机；6—调节谷粒流通速度的转盘

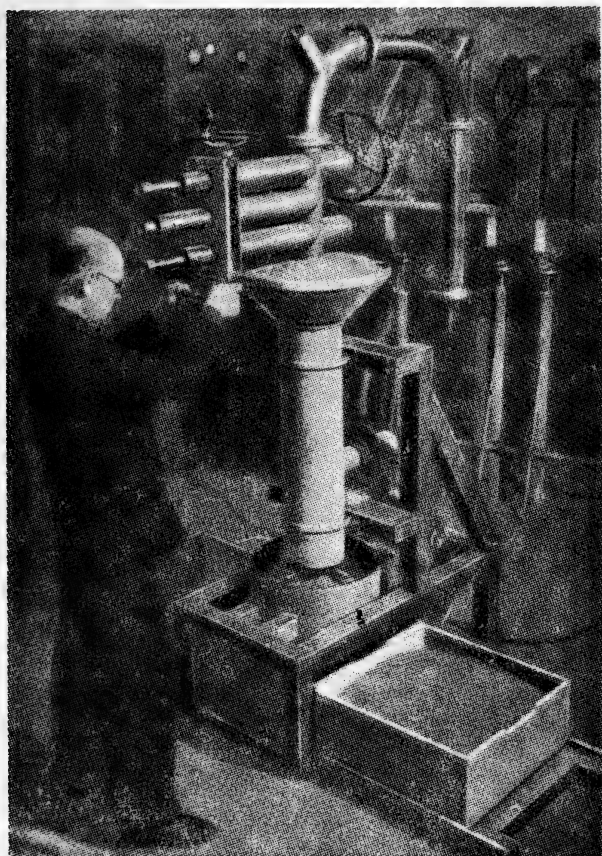


图 14. 由波长 40 厘米功率 5 瓩的发生器供给的同轴加热器

置一样采用了流水作业的加热方法。

料斗中的种子沿着直立的石英管倒入。种子通过管子的移动速度由处于管内的电磁振动器的振幅加以调节，不透明的石英管的内径调整在 130—230 毫米范围内。种子的最大通过速度曾使装置的生产率达到每小时若干吨。管子位于由两个金属板的形成的电容器中。金属板的形状及其对于石英管的相互位置随不同的

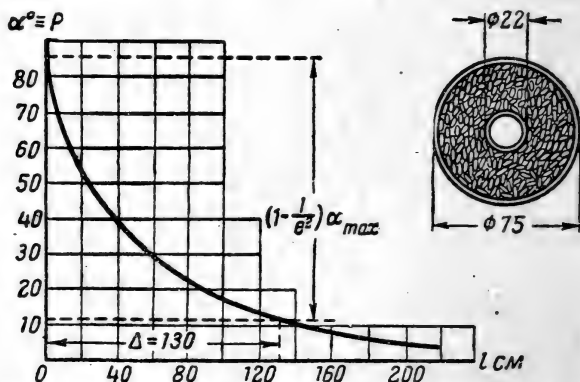


图 15. 在充满了湿度为 16% 的小麦谷子的同轴加热器中电磁能量的吸收曲线或供给谷粒的功率沿长度减少的情形
测量是当波长等于 1 米时进行的
 Δ —电磁能在谷物中的穿透厚度

实验而各不相同，但是在谷物中的电场强度在一切情形中都是一样的。曾测量了加热区段在静态时的温度，即在断开发生器之后立即测量的温度，又测量了它在动态时的温度，即用测量种子流中个别部分的温度的方法在加热器工作时刻测量的温度。对于在静态和动态测量的结果进行了对照。

事先曾用把种子染上各种颜色的方法证明了它们在沿着管子通过加热器的运动中并没有搅混的现象。

电容加热器联接于 $1/4$ 波长线路的各导线之间。

电容器参数与发生器参数的配合用选择联接线路的位置及调整金属板与装有种子的石英管之间的间隙的方法来实现。发生器保证可以获得 20 瓩的波长为 5 米的高频电磁能量。装有种子的石英管穿过两导线之间护套的正面，电容器的电极联接在导线上。电极被作成一对或几对盆状的弯曲板联接在 $1/4$ 波线路的各个高度上。石英管与各对板子之间的间隙是不同的，并选择适当的间隙使得在高度不同的各处种子中的电场强度保持一致(图16)。

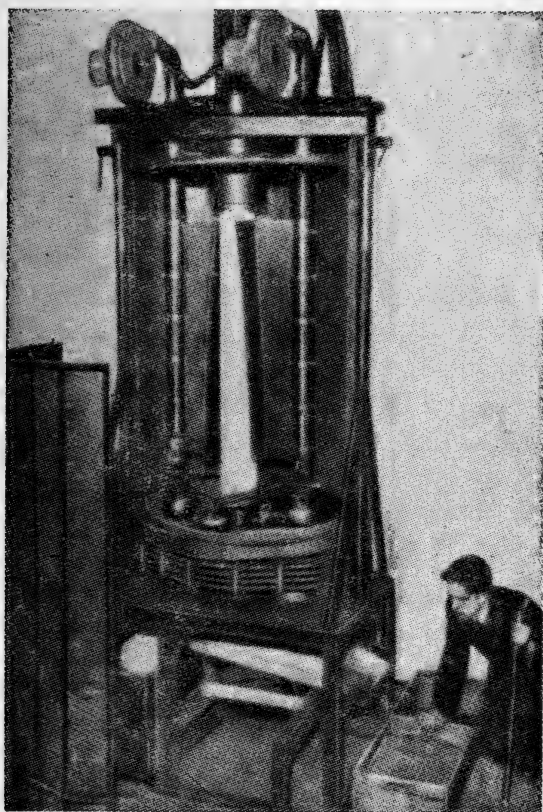


图 16. 与电子管发生器结合构成的电容加热器 谷子沿石英管活动

用空气吹风的种子高频率干燥

象上面所述这类的装置保证了收割后种子的大量加工和干燥,在这样的情形下,从加热器里出来的热种子落入特别的输送装置中,而在那里经受周期性的短促的吹风和静置。然后,它又重新转回到加热器,温度重新提高到容许的限度。

种子加工的典型图表之一,如图17所示。一部分湿度为20.5%

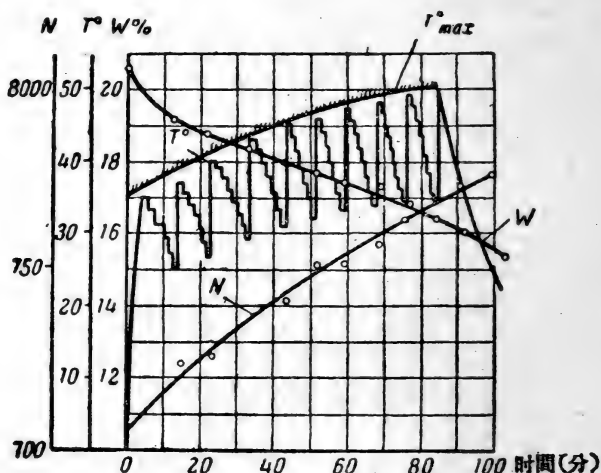


圖 17. 在迅速吹洗和靜置的循環的高頻率加熱時谷粒的加熱狀態圖

T —谷粒的溫度； T_{max} —對於一定濕度的谷粒加熱時可能容許的最高溫度。 W —谷粒的相對濕度。 N —谷粒的實質（1 公升谷物的克數）

的小麥種子在幾分鐘內被熱至 35°C ，這樣水分蒸發出來散布在種子之間的空氣中。然後以具有速度 0.5 米/秒的空氣流吹風 5 秒鐘。乾燥的空氣代替了潮濕的空氣。在吹洗完畢之後，種子又經過靜置數分鐘。當第二次吹風時乾燥空氣又重新代替了潮濕的空氣。在經過了幾次輪回的吹洗和靜置之後種子的溫度停留於 $20-25^{\circ}\text{C}$ 。這時蒸發的強度減低了，種子又轉回到加熱器中，在幾秒鐘的時間內被熱至更高的溫度。這樣的溫度是可以容許的，因為這時種子的濕度已經降低。這樣，就多次重復了加熱和繼之以吹風與靜置相交替的循環。

種子中水分的排除是一個最緩慢的過程。這時，被傳給種子的能量，不僅耗費於排除水分，並且毫無益處地損失於加熱周圍的空氣。在吹風的過程中，也帶走了部分的热量，在所述的乾燥過程

中有效作用係數是很小的。測量表明在裝置所消耗的全部能量中只有 36—40% 被傳給了種子。

浪費貴重的高頻率能量是不能容許的，因此必須或者先用廉價的能量把完全預熱至種子的溫度與以這樣的空氣對種子進行吹洗或者讓蒸發過程在真空中進行。因為在真空中能量的損失最小。

在採用預熱空氣吹洗種子的乾燥方法時高頻率加熱的優越性就不算突出。因為種子很小用熱空氣能夠相當容易地實現均勻的加熱，在真空中採用高頻率加熱的優越性要大得多。

種子在真空中的高頻率乾燥

在真空中用高頻率加熱法乾燥種子具有如下的優越性：可以在低溫下乾燥種子，以保證種子的播種品質不受破壞；傳給種子的能量損失最小，因為幾乎全部能量都用於蒸發水分。由於能以恒定速度進行蒸發，乾燥可以進行得很快；加工規程不受外界條件影響（僅僅冷凝器中水的溫度能產生一些影響）；在均勻地加熱谷物時，非常浸濕了的種子的溫度有穩定的趨勢。

由於乾燥的速度依賴於種子的濕度，所以為了保證恒定的乾燥速度就應該把種子熱至各種相應的溫度。由實驗測出的在各種濕度下應有的溫度的曲線，如圖 18 所示。

由引用的數據可以看出，為了防止降低播種品質的危險可以在蒸發速度等於每分鐘 0.2% 的情形下進行乾燥，這說明排除 9% 的水分（由 23% 降至 14%）需要 45 分鐘。增加小麦的加熱和冷卻的時間之後，在潮濕地區收割下來的種子的乾燥時間可以最少等於 1 小時。

但是為了實現迅速的乾燥過程必須按照濕度減小的程度適當地提高種子的溫度到可以容許的極限。進行這樣的過程需要設計適當的真空乾燥器，而高頻率加熱有利於真空乾燥器的實現。

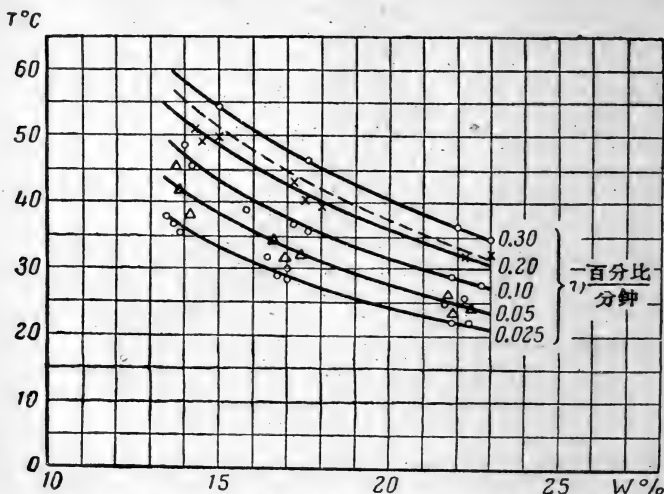


图 18. 加热种子时为保証水分蒸发的速度恒定而必須达到的温度随种子的湿度而变化的曲线。曲线上的数字标示水分蒸发的速度(每分钟%)

虚线表示对于一定湿度的种子临界温度的实验数据真空程度—30 毫米汞柱高

曾用湿度的数值为 15, 18 及 23% (相对湿度) 的种子进行实验。湿度不同的种子被热至介于 30° 至 60°C 之間不同的温度, 而且湿度較小的种子被热至較高的温度。

实验是在夏季中进行的, 在这些时候冷却的水的温度最高 (+19°C)。

根据获得的数据画出了表示种子温度、冷凝器中流出来的水的温度、种子的湿度, 以及室内压力等随时间改变的曲线。

在用图解法求出种子湿度变化曲线的微分后, 我们就确定了在不同温度下种子湿度改变的速度。

在理論上水分蒸发的速度正比例于热水表面的水蒸汽分压与凝結在冷凝器中的冷水表面的水蒸汽分压之差。

研究蒸汽压力与温度关系图 (图 19), 可以看到在高温范围同

样在一定的温度差比在低温范围内同样的温度差所对应的压力差要大的多。

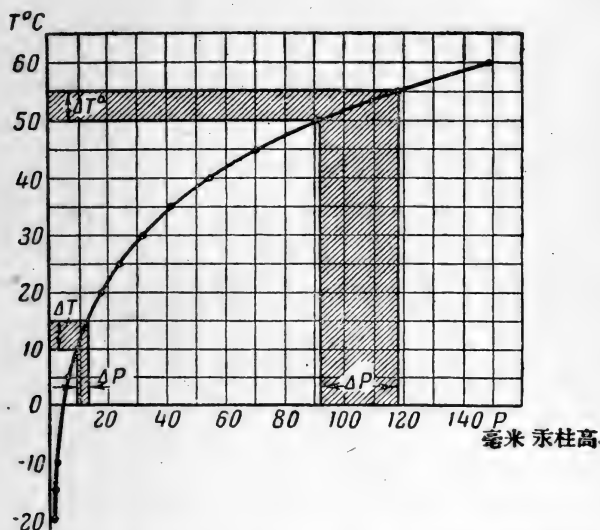


图 19. 水蒸汽温度对于压力的关系。同样的温度差在高温范围内所引起的压力差比在低温范围要大得多

由此可见，提高种子的温度对于促进水分蒸发速度的影响比降低冷凝器温度的影响要大。所以永远应该在种子能够接受的最高的温度下进行工作。

但是为了过程的稳定性起见最好是同时降低冷凝器的温度。为了减少装载种子时所带入的空气量，必须尽量减少从真空室中装卸种子的次数，最好加热过程完全在真空中进行。

但是在给定数值的真空中高频率加热应该在不存在电击穿的工作空间中进行，加热器工作空间中的电场强度不能超过某个临界数值，即其中气体的点燃电压。

电场的容许场强，不仅决定于具有一定物理性质的气体的点

燃电压,而且在一定程度上还决定于加热裝置的結構形狀。

單位時間內傳給種子的能量或傳給的功率为:

$$P = E^2 f \varepsilon \operatorname{tg} \delta,$$

这里, E ——電場强度; f ——頻率; $\varepsilon \operatorname{tg} \delta$ ——耗損因数。

耗損因数决定于種子的天然性質,而在一定的頻率和溫度之下是一个恒定的量。剩下的事只是选取合适的頻率,以保証在該条件下能够在尚未引起激起電击穿の場强下进行工作。

另一个减小种子中電場强度的方法——尽量增加干燥的时间,換句話說,增加加熱的时间。这样蒸发一定量水分所需的能量仍旧保持而傳給種子的功率却减少了。電場强度与功率的平方根成正例地相应地降低。

实验确定在 20 毫米的真空中電場的最高的容許工作电压等于 200 伏特/厘米。

假定以 5 小时当作为最大的容許时间,并且希望裝置把种子从湿度 23% 干燥到湿度 14%,即蒸发 9% 的水分,那末,很容易計算,可能加熱种子最低的頻率相当于波長 $\lambda = 200$ 米。

但是我們已經指出,最低的干燥时间等于 1 小时,以及由于不合理地延長过程,所以在这样的工作条件下,我們必須把波長降低到 $\lambda = 45$ 米。

所有上述原理在这样的条件下才有效,即对于應該干燥的種子的各部分必須同时加熱,并应不断地以同一的高頻率功率供給种子以保証除去能量損失外,約有 1 瓩-小时的能量由种子中轉交給每公斤的蒸发出来的水分。

保証这个过程的真空裝置如图 20 所示。在鉄桶(1)中裝置了一个电容加热器,它的中央电极(3)被加以高电位,其余两个与接地的鉄桶相連的旁电极由网子做成,以便水蒸汽能够通过它达到冷凝器(6),冷凝器是以銅管盤成的螺旋管,冷水在管中通过。水蒸汽由种子向冷凝器的移动是由于局部压力的差异所引起的。到

达冷凝器的蒸汽凝結成为水。

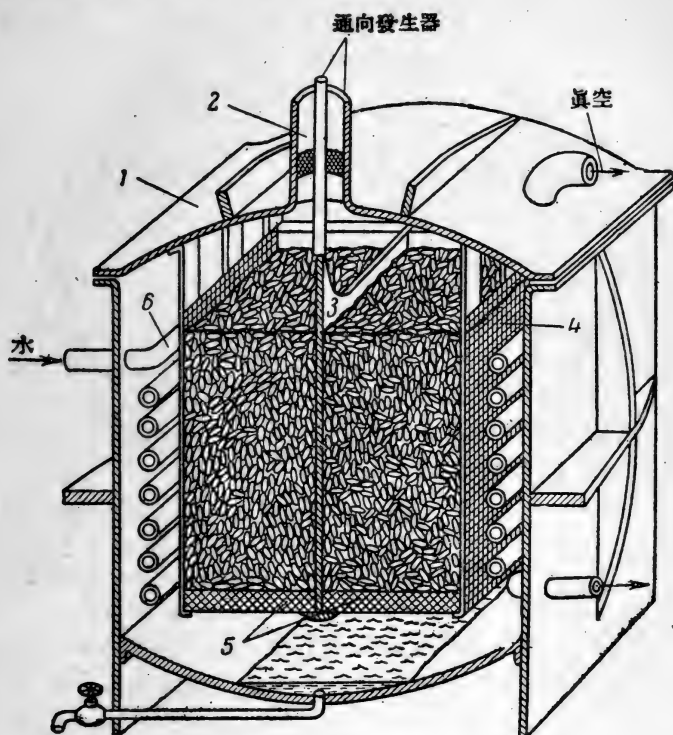


图 20. 是以同时加热高频干燥种子的真空設備

1—真空桶,其真空程度 30 毫米汞柱高; 2—高频能量的共軸輸入口; 3—电容加热器的中間板; 4—加热器的接地网眼板; 5—盛种子的石英絕緣板; 6—凝結水蒸汽的流水冷凝器

高频发生器的能量,沿同軸電纜(2)被引导到加热器。電纜的外层導綫(外壳)联接在接地的鉄桶上。

实现这样的裝置常常发生困难,其困难在于选择在高温,高湿度的环境中能够在高频率下工作的适当的絕緣材料。此外,加热器的大小,甚至被热谷粒的体积限制了波長的短度。这就迫使我

們設法使得在真空中也能够运用象前面研究过的那样的流水作业加热装置。在这种情形下，谷粒的加热过程，如图 21 所示，谷粒流可以采取闭合的环流形式，谷粒以高速度通过加热器，而以慢速度来通过真空装置的其余部分，真空装置基本上适宜于抽除谷粒中排出的水蒸汽。在个别情形下，谷粒流也可以不是闭合的环流。这时谷粒从真空装置的装卸应该通过适当的不透气的閘門。

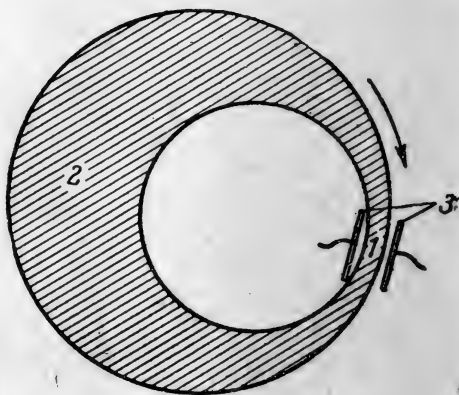


图 21. 以顺序加热干燥种子的真空装置略图

1—谷粒流在加热器中迅速地流动； 2—穀粒流在儲藏箱中緩慢地流动； 3—电容加热器

在两种情形中，谷粒的加热都是在通过电容加热器或波导加热器的石英管子中进行的。谷粒流可以直接地通过若干个加热器。我們研究具有一个加热器的情形。在这种装置中干燥后的种子只有不多的一部分同时处于加热器中。象前面的情形（同时加热全部谷物）一样，为了每小时排除 9% 的水分必須傳給种子同样多的能量。但是，这时这些能量通过狹窄的通路傳給种子，亦即能量的傳遞使得被加热容积每單位面积上得到較大的功率。相应地，当頻率不变时，加热区域电場强度的增加与相对功率（傳給單位面积的功率）的增量的平方根成比例。为了保持电場强度恒定必須增加頻率，亦即减低波長。

对于上述情形，波長应为 $\lambda = 5$ 米。

波長为 10 厘米功率 1,000 瓦的由磁控发生器供給的波导加热器也被采作为加热器。

这种装置的一般外貌如图 22 所示。左边是发生器室，右边是

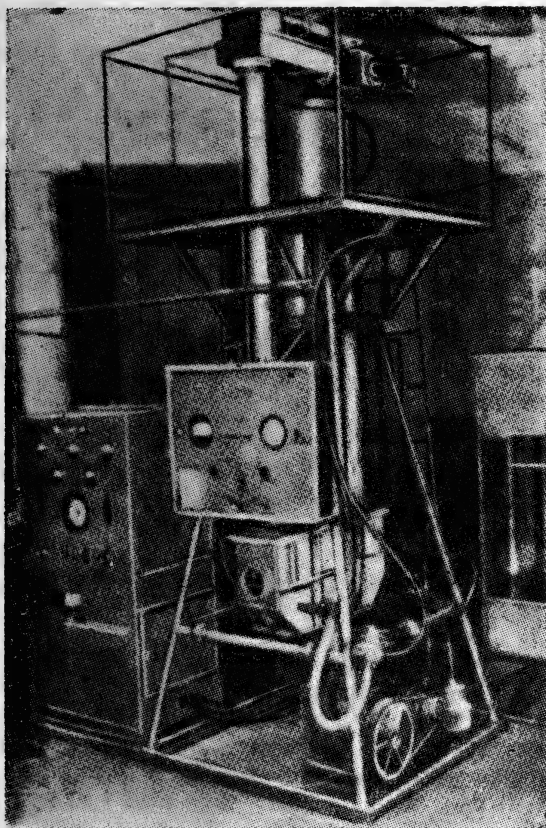


图 22. 以高频加热干燥种子的真空装置

左—磁控制发生器箱，功率 1,000 瓦特，波长 10 厘米
右—真空干燥装置

竖立式真空设备，谷粒从真空储藏箱沿石英管通过波导加热器在加热器中加热后又重新回到真空储藏箱，空气的抽除用油泵抽到压强 30 毫米水银柱高，箱中在充满谷粒的漏斗周围安装着铜质的、用流水冷却的螺旋管作为凝结水蒸汽用的冷凝器。

在干燥过程中种子不断地环流着，加热之后又用斗槽形输送机送回高处的漏斗中静置。

在我们的发生器中，为了保证其工作的稳定性，应

用了复式磁场调整器，场强的大小与磁控管的阳极电流和电力网的电压有关。

图 23 中画出真空干燥装置的图样。图中表示出波导加热器，在波导中穿过一根管子，谷粒流沿管子流过。在通过波导的过程

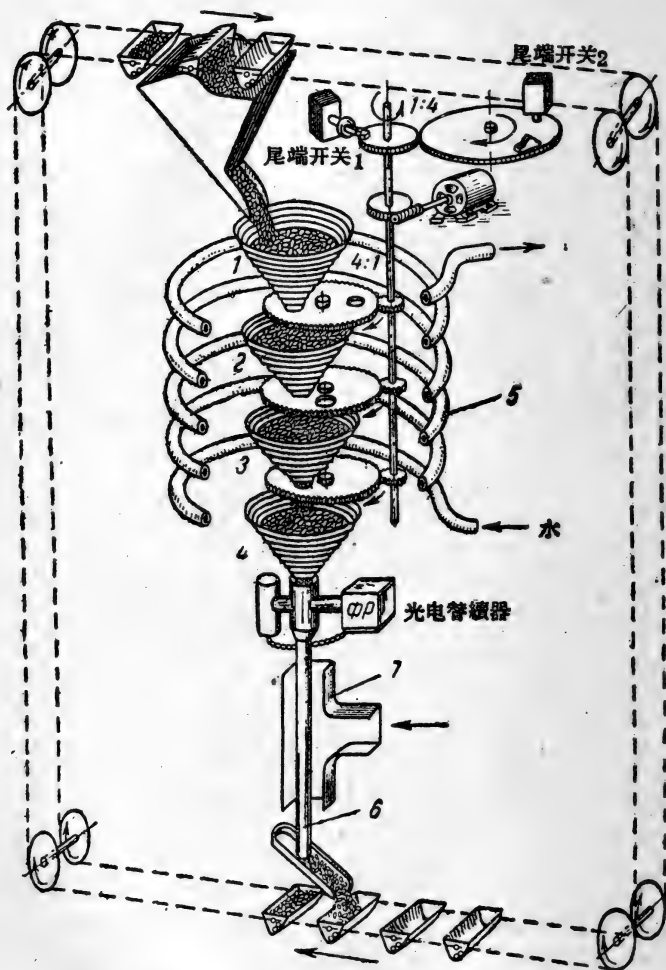


图 23. 以高频加热干燥种子的真空装置略图

ΦP—控制转盘的光电替续器，转盘调整谷粒从漏斗到漏斗的传递；
KB—停止转盘转动机构的尾端开关；1, 2, 3, 4—在真空中储存种子用的漏斗；5—凝结水蒸汽的冷凝器；6—石英管，通过加热器的种子沿着它流过；7—波导加热器。

中被加熱了的谷子通過擺動着的船狀器轉送到斗槽形輸送器中，這些輸送器，如圖所示，是安裝在真空中的。斗槽輸送器將谷子充滿在上面的漏斗中，谷子停留在上面的漏斗中直到下面一個漏斗開放的時刻。在停留過程中水分從谷粒內蒸發出來，又通過漏斗的通氣孔凝結在冷凝器上。在下面的漏斗卸脫谷子之後，盤子的旋轉使得上面的漏斗和下面的一個相連通，谷粒便迅速地落入其中。上面的漏斗繼續不斷地灌滿谷粒。這樣谷粒逐漸地轉移到下面的那些漏斗中，在重新落入加熱器時，雖然冷卻了一些，但卻具有較小的濕度。這時，可以略為提高溫度而不至于有降低播種品質的危險。依靠光電替續器的作用對圓盤的旋轉進行控制，進而控制谷粒從漏斗到漏斗以及從漏斗到穿過加熱器中的石英管的傳遞。

尾端開關以及一些圖中沒有標出的自動機零件保證了干燥過程的自動進行。

計算指出，若每疋小時以價值 20 哥比計算，則使用真空高頻干燥種子使 1 噸種子排除 1% 的水分的價值約為 5 盧布。

結 論

1. 高頻真空干燥種子的方法可以成為充分經濟的方法，使得它隨著農業技術裝備的提高，可以在各種干燥方法中佔據一定地位。

2. 高頻真空干燥法應該首先在那些位於潮濕地區和不利于谷物成熟地區的大規模拖拉機站里去開始應用。

3. 工作的发展方向在於創造能夠經得住 MTC 條件考驗的實驗性裝置。

4. 電子管發生器及該裝置的真空儀器應該加以改善並降低其成本。

参考文献

1. Агафонов Е. А. 1940. Влияние искусственной сушки на семенные качества пшеницы. Советская агрономия, № 8—9.
2. Баталин А. Ф. 1885. О влиянии влажности семян на их прорастание. Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей, т. XVI, вып. 2, стр. 103.
3. Бекасов А. Г. и Денисов Н. И. 1952. Руководство по сушке зерна. Заготиздат.
4. Гержой А. П. и Самочетов В. Ф. 1949. Зерносушение. Заготиздат.
5. Гирш М. 1937. Техника сушки. Научно-технич. изд. Главная редакция энергетической литературы. Л.—М.
6. Заблуда Г. В. и Лебежинова В. М. 1952. Особенности прорастания семян яровой пшеницы в зависимости от условий их созревания. Докл. АН СССР, т. XXXIV, № 2, стр. 357—360.
7. Кретович В. Л. и Щербаков А. П. 1940. Термическая сушка как метод сохранения качества зерна. Советская агрономия, № 7, стр. 32—34.
8. Кретович В. Л. и Акимочкина Т. А. 1941. Биохимические изменения при послеуборочном дозревании. Биохимия, т. VI, № 4—5.
9. Лыков А. В. и Ауэрман Л. Я. 1946. Теория сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов пищевой промышленности. Пищепромиздат.
10. Лыков А. В. 1950. Теория сушки. Энергоиздат.
11. Молотковский Г. Х. 1949. Значение инaktivаторов роста для состояния покоя растений. Докл. АН СССР, т. XVIII, № 2, стр. 405—409.
12. Птицын С. Д. и Серафимович Л. Б. 1951. Сушка и хранение зерна. Сельхозгиз.
13. Трегубенко М. Я. 1948. О прорастании свежесобранных семян люцерны. Селекция и семеноводство, № 6 (176), июнь, стр. 38—43.
14. Фогель А. А. и Недзвецкий Ю. Э. 1952. Особенности техники высокочастотного нагрева диэлектрических материалов. Тр. Конф. предприятий Министерства машиностроения. Промышленное применение токов высокой частоты (находится в печати).
15. Brown G. H., Houyer C. N. a. Bierwirth R. A. 1948. Theory and Application of Radio-Frequency Heating, p. 298—306. New-York.

[沈蒂生译. 作者: А. А. Фогель. 原题: Повышение посевных качеств семян пшеницы высокочастотным нагревом.]

在谷物和种子的干燥中高频率能量的利用

H. B. 克尼貝尔

(全苏农业电气化科学研究所)

在普通的热干燥器里是通过热传导和对流以加热种子的，在这种情况下，谷物由于低导热性而被加热得不好，因此在最原始的干燥器中(炉底式的和篩式的)干燥进行得很慢而且不均匀。当上层的谷物仍在温热时下层已经太热而发干了，这样就使谷物作为种子的品质变坏。这种干燥器热耗是极大的。加热过程的不完善使得谷物的干燥难于合乎品质标准。

所有关于用外部热源进行干燥的合理方法的研究里所利用的归结起来都是象人工减少谷层厚度，攪拌谷种，应用双面供热和加快搬热物的速度等方法来間接地改善对谷物的传热。这些改进很明显地提高了加热谷物和干燥种子的质量。但是由于对谷物加热过程的不完善，近代干燥器的效率还是很低的。依靠采用更完善的加热方法能够使谷物的干燥过程得到进一步的改善。

最好的干燥条件是湿度梯度和温度梯度的方向重合。在这种情况下温度梯度就能促使水分从内层移向外面去。蒸发区域增加了，物体可以从里向外均匀地烤干，也没有表面結谷和裂口的现象。

唯一的能实现从谷物内部加热的方法就是在高频率电场中加热。在高頻加热下可以很有效的解决干燥的两个基本问题：改善在谷物加热和干燥过程中的热交换和水分交换。

在高頻場中谷物就成为一个有一定有功电阻和电抗的負荷。在高頻加热下这些阻抗的值可以由谷种的一些电学性质：介电常

数 ϵ 和损失角 $\text{tg } \delta$ 来决定。知道了这些性质以后就可以挑选高频发生器的型式和决定它的参数。在加热过程中介电常数和损失角都不是不变的,而是随高频场的频率,湿度,加热温度,谷种的大小和构成而定。在高频加热中的电场和温度场,湿度场,化学作用等等之间有很复杂的相互联系。谷物和电工上的电介质比较起来有很多的特点:不大的体积,构造的不均匀性,散粒性和相当大的湿度。

介电常数和损失角可以用 Q 值计来测量。为了测量谷物的 ϵ 和 $\text{tg } \delta$ 曾使用了一个圆柱形的屏障电容器。把一部分谷种填满在圆柱体里然后再进行测量 ϵ 和 $\text{tg } \delta$ 。用来实验的东西是人工润湿的小麦种子(乌克兰,阿季莫夫),新收割的小麦(莫斯科 2453,基布里德 599),人工润湿的别特库斯卡亚黑麦和新收割的维亚特卡黑麦。

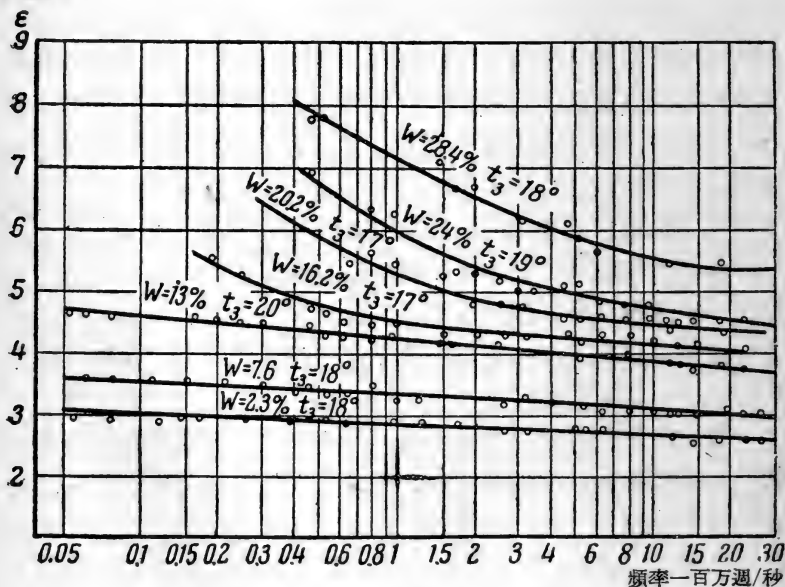


图 1. 乌克兰小麦的介电常数和场的频率的关系

为了比较 ε 和 $\operatorname{tg} \delta$ 值还测量了大麦, 燕麦, 豌豆, 猫尾草和苜蓿的种子。关于种子的 ε 和 $\operatorname{tg} \delta$ 值的一些数值列在表 1 和图 1、2 中。

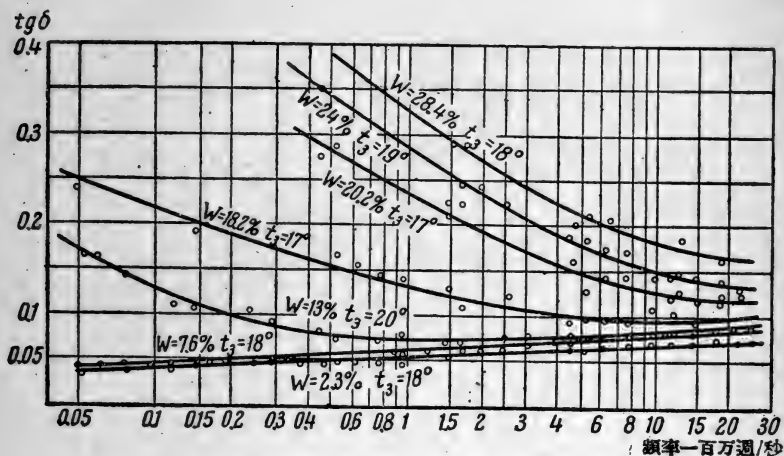


图 2. 乌克兰小麦的损失角和场的频率的关系

干燥的燕麦、大麦、黑麦和猫尾草的种子 ($W = 13-14\%$) 在自然条件下和 1—10 兆赫芝的频率下的平均介电常数在数值上和固态非晶体介质 (硫化橡胶, 硬橡胶, 松香, 萘, 石蜡等) 的介电常数相近, 其值约为 $\varepsilon = 2-3$ 。干小麦和苜蓿籽的介电常数要高一些, 它们和马来树胶, 虫胶, 木头 (干山毛榉), 洁净玻璃, 琉璃这些介质的介电常数相近 ($\varepsilon = 2.7-4.4$)。潮湿谷物 ($W = 16-25\%$) 的介电常数和碱玻璃, 磁器等的介电常数相近 ($\varepsilon = 5.5-7.5$)。

谷物的损失角在由 1 兆赫芝至 10 兆赫芝的频率带内和所有其他有细胞膜质隔开的物质的损失角是一样的, 在 1 兆赫芝的频率下当湿度由 13% 增至 28% 时小麦种子的损失角由 0.08 增至 0.33, 而在频率为 10 兆赫芝时由 0.08 增至 0.17。其他作物种子 (黑麦, 大麦, 燕麦及其他) 的损失角大致也在这个范围之内。物质

和水的結合状态影响着損角的值。化合水比物理結合状态的水和毛細管水对 $\text{tg } \delta$ 的影响要小得多。例如当种子湿度由 2.3% 增至 13% 时小麦的损失角由 0.05 增至 0.072 ($f=1$ 兆赫芝); 而当湿度由 13% 增至 24% 时在同样的頻率下 $\text{tg } \delta$ 由 0.072 增至 0.283, 即增加到將近 4 倍。12—13% 之間的湿度就是一个界綫, 高于它时损失角就随种子的湿度上升而迅速地上升。这可以用干燥的种子內极化过程較湿的要弱得多來說明。谷物介質損失的比功率 $P_{y\partial}$ 与損失常数 $K=\varepsilon \text{tg } \delta$ 有关。在一定頻率 f 和場强 E 的情况下, K 值越大, $P_{y\partial}$ 的值也越大。 $P_{y\partial}=0.55 K f (E)^2 \times 10^{-7}$ 瓦特/立方厘米, 其中 f 的單位是週/秒; E 的單位是伏特/厘米。

当种子(小麦和黑麦)的湿度尚未达到 13% 时損失系数 K_1 随种子的加热溫度, 湿度和場的頻率的變化是不显著的; 其平均值为

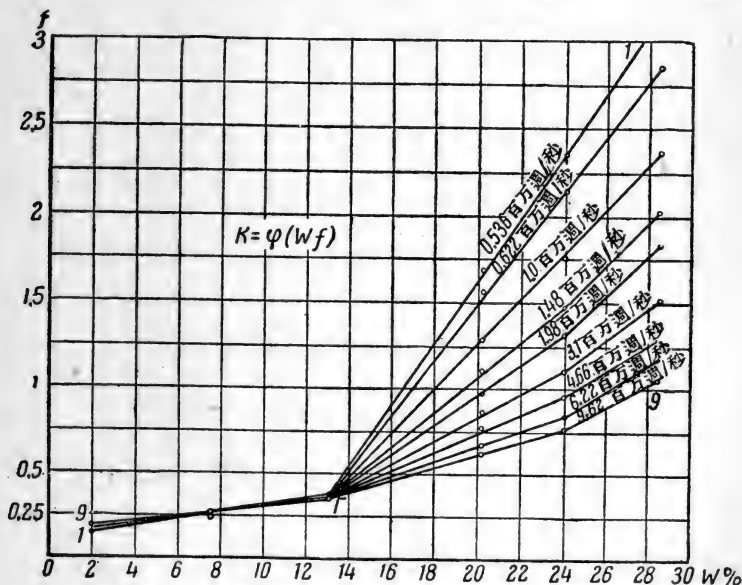


图 3. 当温度为 $+18^{\circ}\text{C}$ 时乌克兰小麦的损失系数和种子的湿度及場的頻率 f 的关系

$K=0.3-0.37$ 。但当种子湿度大于13%时损失系数就剧烈地随温度，湿度和场的频率而变化了。由于这个原因在干燥过程中沿各层的水分就趋于一致。种子是一种典型的胶体多孔毛细物。其内部的水分束缚能量可以由损失常数表征出来，因为 K 和吸附水的关系很小而随着毛细水的存在而剧烈变化。水化点 T 标志着吸附水和毛细水的分界（图3）。湿度为13—14%的点即相当于水化点 T 和相当于物理结合水和毛细水的开始出现。

用高频电流干燥种子的电学数据

1) 电场强度(E) 为了得到种子干燥中所要求的加热必需正确地选择电场强度和频率。在电极和种子间有空气缝隙的电容器中进行干燥可以建立起大的电场强度。电场强度和开始时湿度的关系大约为

种子湿度 $W=13-15\%$ $E=1,000-1,200$ 伏特/厘米

种子湿度 $W=15-20\%$ $E=600-800$ 伏特/厘米

种子湿度 $W=20-25\%$ $E=100-500$ 伏特/厘米

如果是在没有空气缝隙的电容器中进行干燥，就是说在电极和种子直接接触时，电场强度要减少 $1/2-2/3$ （到300—500伏特/厘米）。

2) 场的频率(f) 场的频率是第二个可以调节对种子进行的高频电流加热过程的因子。可以通过两种办法来达到最佳频率：第一——提高频率降低电压以避免击穿；第二——把电压增加至极限值而降低场的频率。

在这两种情况下，如果加热手续是正确的，就可以完全保持种子的品质，而在某些情况下可以使萌发能力和发芽率提高5—8%。

第一个干燥办法的优点是电场强度低而用电的安全性较大。第二个办法的缺点是增加了通过种子发生电击穿的危险，而优点是可以进行热——高频联合干燥，干燥很均匀，可以利用冷却真空

管阳极所得到的热量，并且可以制造兼作各种技术过程的通用设备（如木材、水菓、蔬菜、谷子、种子的干燥、种子的杀虫、种子的加温处理等等）。在平均电场强度 400—500 伏特/厘米下进行联合加热干燥和高频加热所需的最低频率是 1—1.5 兆赫芝，而进行纯高频干燥是 5—10 兆赫芝。

用高频电流干燥种子的技术参数

加热温度限制、干燥的久暂、干燥的均匀

实验证明在加热强度 $P_{yd} > 1$ 瓦特/立方厘米时种子的品质就会变坏，在温度升高很快（大于每分钟升高 10° ）而种子湿度高于 20% 时，虽然加热温度并未超过普通干燥法中的可允许温度，也会发现谷物的发芽能力和幼芽生殖力降低。这可能是由于强烈汽化和胚芽过热所引起的对种子的损伤。在温度升高较慢时——例如每分钟 $5-7^\circ$ ($P_{yd} < 1$ 瓦特/立方厘米) 各部分的温度来得及变均匀而不出现个别部分过热的现象。在这种情形下，加热温度的限制可以很接近普通方法中的温度限制。小麦、苜蓿和猫尾草种子的加热限制和温度的关系大致如下：种子温度

$$W \leq 20\%, \quad t_3 = 50-52^\circ$$

$$W \leq 25\%, \quad t_3 = 47-50^\circ$$

$$W > 25\%, \quad t_3 = 42-46^\circ$$

在这种频率带内的高频电流对种子没有甚么特别的影响。种子在高频场中加热时水分从头 1 分钟起就从种子中分出来，在第一个 5 分钟内可以脱水 1.5—2%。以后就降低干燥速度而干燥过程延续 20—30 分钟。通常的脱水量为 6—9%。要做到在 20—30 分钟之内使种子干燥，应该用约 10 兆赫芝的频率和 500 到 700 伏特/厘米的电场强度（图 4）。如使干燥过程延续到 40—70 分钟，则干燥就会更均匀些。在这样的情况下种子发芽能力和幼芽生殖力完

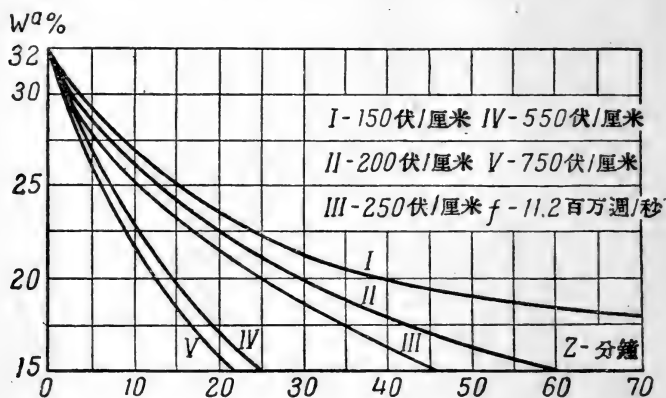


图 4. 在高频电流加热下干燥速度的变化

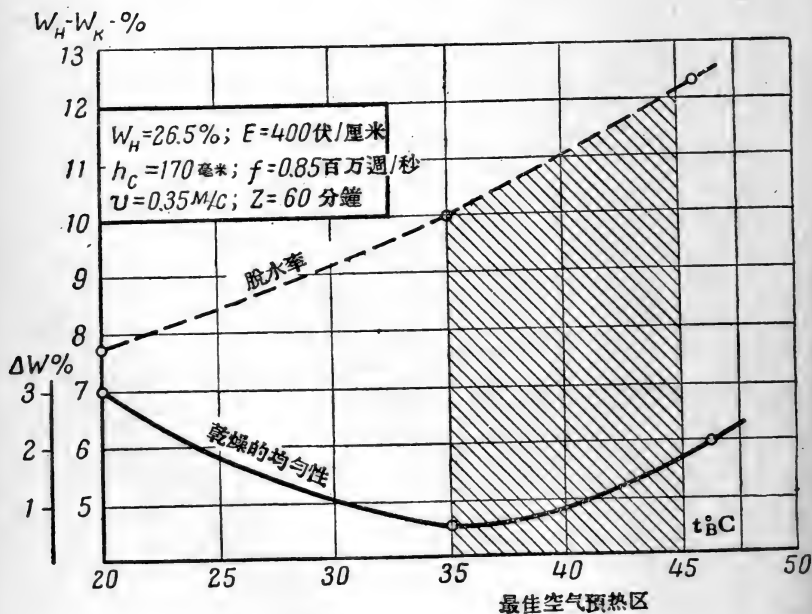


图 5. 在空气的不同预热之下小麦的联合干燥

全能保持下来,所要求的电场强度也小些(300—400 伏特/厘米),频率也可以降低到 1—5 兆赫芝。加热温度对脱水有很大的影响。例如,当干燥持续 15 分钟而温度 $t_1=47^\circ$ 时脱水率为 $W_{\text{H}}-W_{\text{K}}=3.9\%$,在 $t_1=55^\circ$ 时 $W_{\text{H}}-W_{\text{K}}=5.1\%$,在 $t_1=65^\circ$ 时 $W_{\text{H}}-W_{\text{K}}=6.6\%$ 。但是当加热温度到 55° 时发芽能力已经会降低。

在高频场中干燥种子时即使在一面通风的情况下也使各层的

干燥很均匀,并且深处的种子干燥得较好,而且空气流出处的种子也干燥得较好,但是和普通干燥中不同的是表面层上的种子干燥得不好。用预热空气对种子层鼓风时(联合干燥)可得到最好的效果。这样方法可以使干燥过程进行得均匀,并且可以较之普通干燥增加种子层的厚度达 2—3 倍。在频率 0.8—0.9 兆赫芝和电场强度 400 伏特/厘米的条件下进行联合干燥的最佳空气预热温度是在 $35-40^\circ$ 之间。提高和减低空气的加热温度都会增加不均匀性和使干燥品质变坏(图 5)。联合干燥可以采用两种型式的电极:网状的或整片的。网状电极(图 6)适于干燥大的种子(小麦,黑麦及其他)。整片

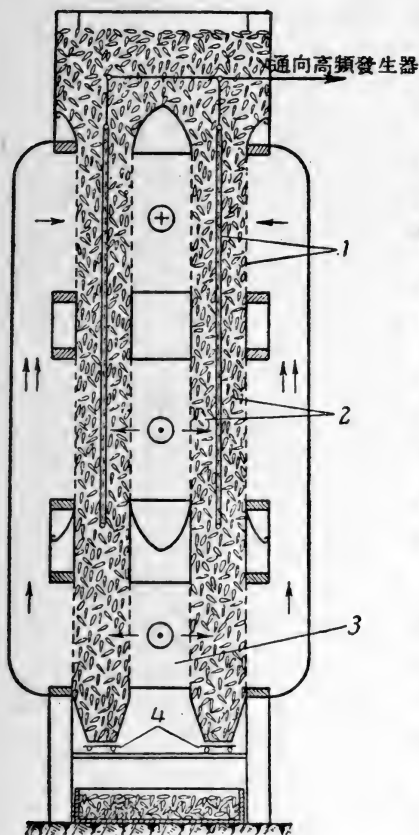


图 6. 网状电极

电极适用于大的种子也适用于小的种子(草的种子)。用网状电极时空气直接穿过网子,也就是垂直于电极。用整片电极时(图7)空气穿过绝缘体制的百叶窗而沿着电极平面的方向运动。

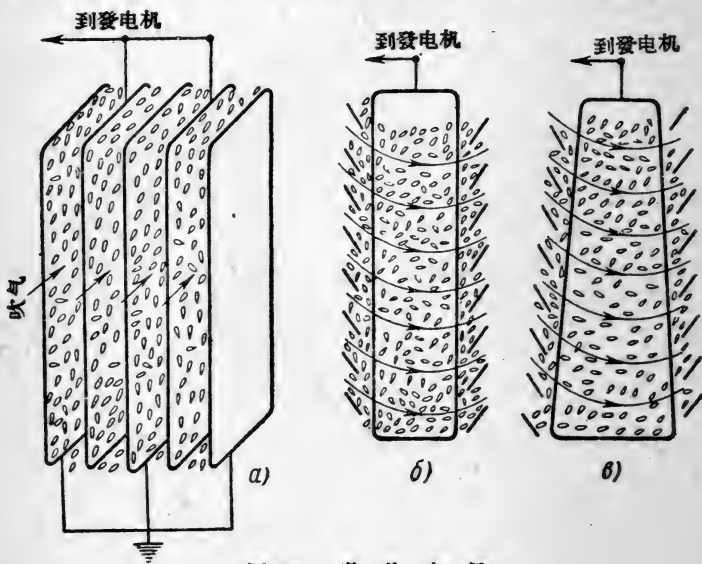


图7. 整片电极

用高频率电流加热谷物和种子的能量指标

为了比较单纯高频干燥和联合干燥的能量指标,曾经进行过实验性的和半生产性的试验。干燥是在对种子连续不断用高频率电流加热下进行的。实验条件相应于种子的干燥条件。

在 $f=10$ 兆赫芝的短波频带内进行单纯高频加热(小麦,黑麦,燕麦,大麦)时每蒸发1公斤水所需的电能消耗为2.8—3.9千瓦时。近代的热干燥器中蒸发1公斤水所需的热量如折合成电能则为1.5—2千瓦时。由此可见在短波频带($f=10$ 兆赫芝)进行单纯高频干燥的耗电量较之采用近代热干燥器大0.5—1倍。

单纯高频干燥可以用在部分干燥和种子的杀虫中,在这种情

况下要求种子在短時間內加热。在进行大量脱水时应该使用种子的联合干燥，这时高频加热是用来在种子内部产生温度梯度而改善热和水分的交换。在中频带($f=1$ 兆赫芝)使用大功率高频发生器时应用联合干燥是比较合理的。

在谷物(小麦,黑麦及其他)和种子(苜蓿,猫尾草)的联合干燥中耗电量较单纯高频加热少两倍(蒸发 1 公升水用 1.5—2.0 千瓦时),即近于近代热干燥器的耗热量。在将来有了专为干燥谷物和种子而设计的高频设备和改进了的高频发生器的电子管后能量的消耗还会降低。在联合干燥的最佳使用下大约有 35% 的能量是消耗在预热空气上,而 65% 消耗于高频加热。不论增加或减少高频加热的耗能比例都会对均匀性和干燥质量有不好的影响。用联合高频干燥法干燥一吨种子(脱水 6%)的费用在每 1 千瓦时收费 10—20 戈比时大约为 14 至 25 卢布。在莫斯科地区采用热干燥法每吨种子的费用则为 11 至 18 卢布。

在结束本文时可以这样说,必须进一步研究和运用有很大国民经济意义的对谷物和其他种子的高频联合干燥法。目前在巨大农村水电站和区域水电站有剩余电力时用联合高频加热法在经济上是很适宜的。

参考文献

1. Агафонов Е. Я. 1940. Влияние искусственной сушки на семенные качества пшеницы. Сов. агрономия, № 8—9.
2. Барков К. М. 1937. Труды Лаб. с.-х. машин МИМЭСХ имени Молотова. Динамика сушки зерна. Бюлл., № 9, М.
3. Бабат Г. И. 1946. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение.
4. Богородицкий И. П. и Фридберг И. Д. 1948. Высокочастотные неорганические диэлектрики, стр. 40—51, 312—321.
5. Васильева И. А. 1952. Исследование электрических параметров зерна при высоких частотах. Дисс. МИМЭСХ.
6. Гержой А. П. и Самочетов В. П. 1952. Зерносушение, Заготиздат.
7. Донской А. В. 1952. Высокочастотные электротермические установки. Металлургиздат.
8. Лыков А. В. 1950. Теория сушки. Госэнергоиздат.
9. Петрученя С. И. 1950. Сушка зерна в поле высокой частоты. Дисс. М.
10. Сканали Г. И. 1949. Физика диэлектриков. Главполиграфиздат.
11. Чижунов А. А. 1947. Высокочастотная установка для сушки диэлектриков. Электричество, № 9, стр. 7—72.

[李崇慈译. 作者: Н. В. Книппер. 原题: Использование высокочастотной энергии для сушки зерна и семян.]

用臭氧和高頻电流引起的酒精 飲料的人工陈化

Г. А. 馬克西莫夫

(苏联科学院生物物理学研究所)

陈置在一般的条件下，很多酒精飲料要在若干年的过程中来改善它的質量。酒精飲料陈置的長期性不可避免地会引起醇类的很大損失(蒸发)，縮小物質資財的可週轉性，要求附加的生产房屋，箱桶等。因此就可以理解为什么要期望創造加速酒精飲料陈置的办法，和拟定能够縮短技术过程期限，并因而降低生产成本的新方法了。

氧化剂和加热对改进某些酒精飲料質量的影响已經为人們所熟知。我們曾經选择臭氧作为强氧化剂及高頻电流作为热源来当作加速和促进陈化过程的因素。

当点燃水銀-石英灯时，它所放射的紫外射綫促成空气中的氧分子結合成臭氧分子。这就是实验中所应用的臭氧来源。

具有迅速的容积性的加热而沒有区域性过热現象的高頻电流是最便利的热源。同时高頻(TBЧ)具有足够的电压来使水銀-石英灯“点火”。

关于 TBЧ 和臭氧对酒精飲料的联合作用的研究在为这个目的而准备的实验設備中进行过。

在圓柱形的玻璃容器(3)(图1)中盛有实验物質(4)。同时在容器內放入甲苯溫度計(5)，水銀-石英灯(6)和有球形网状底的管子(11)以从下面把空气供給到加工物質中去。容器裝有回流冷

却器(1)并外面贴上铝箔制的电极。这些电极和带有与阳极回路(13)感应地联系着的发生器(2)的工作回路相接触。向加工物质中供给空气是由送风机(9)进行,它是由马达(10)带动。空气沿着管(8)经过速度测定器(7)和洁淨器(12)而送入容器。

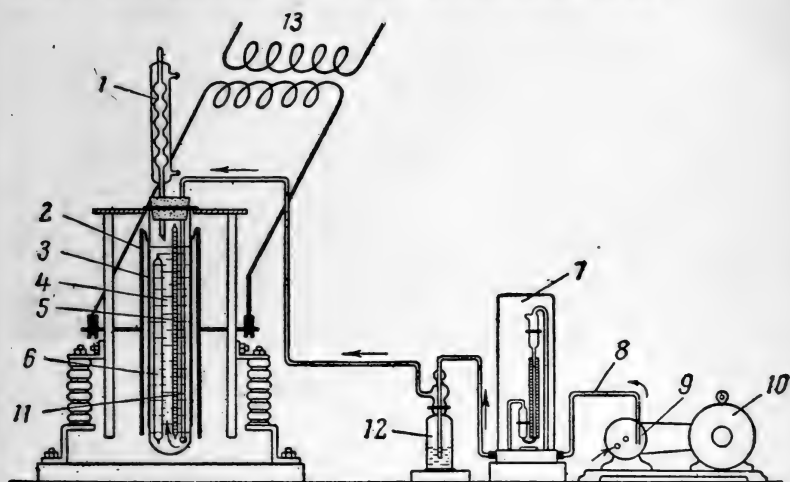


图 1. 使酒精饮料人工陈化的实验装置的图解

工作中所采用的高频发生器是按照带有自激的 ГК-3,000 灯的二冲程线路装置。振动频率是在接近 12 兆赫芝的范围内,频率是在空气中用测波器测出的。

装置的全貌如图 2 所示。

以未加陈置的酒精饮料作为实验物质: 15 号葡萄酒、白兰地醇、罗姆酒醇、威士忌酒和香烈酒的甜酒类。

最初根据预先的研究确定了加工时间, 流过一定体积实验物质的空气量, 和加工的最终温度的最佳定额。

为了使得白兰地和罗姆酒醇具有颜色和味道, 曾建立了把新鲜的橡木刨片在其中浸泡的规程。

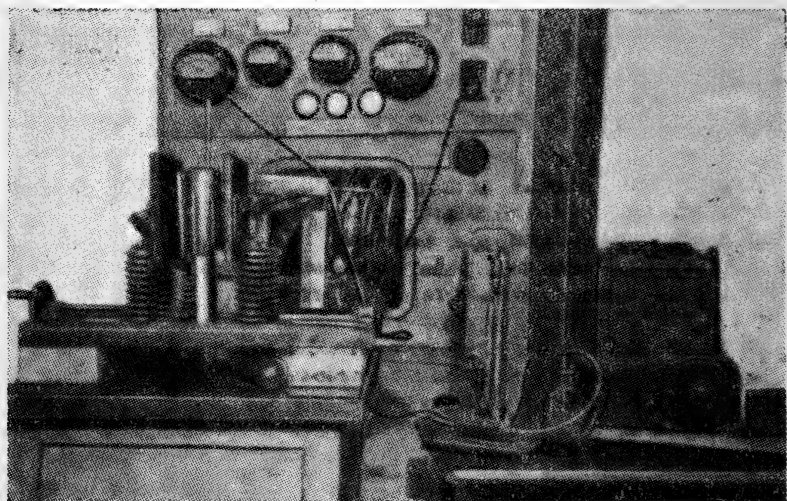


图 2. 使酒精饮料人工陈化的实验装置全貌

进行实验的步骤如下：將定量的要加工的酒精飲料灌入到一个容器內，一般是 0.25 升；經過液体的空气流通量由速度测定器所确定，并由專門裝置調節。在規定好供給空气的定額以后，开动发电机，同时使水銀-石英灯“点火”，并开动秒錶。实验进行的时间和液体的最后溫度确定加工的規程。

对于不同种类的酒精飲料，時間，空气量和最后加工溫度的最佳值都相差不多，它們介于下列的範圍內：

加工時間·····	5—10 分鐘
1 分鐘內空气流通量，以 1 升飲料內的升数計算·····	8—20
最后加工溫度·····	40—45°

罗姆醇和白蘭地醇在橡木刨片內的(加工以前)預先浸泡是在以下的範圍內：

在 1 升飲料中的新鮮刨片量·····	10—15 克
浸泡的時間·····	20 晝夜
浸泡的溫度·····	室溫

在評味委員會內进行的實驗飲料質量的評價,以分数計算

实 驗 物	一般評價	分 数	在加工后实验 标本評價分数 的增加
香烈酒的甜酒类	对照	8.3	0.4
	加工的	8.7	
15 号葡萄酒	对照	7.5	1.0
	加工的	8.5	
白蘭地醇	对照	6.5	1.0
	加工的	7.5	
罗姆酒醇	对照	6.5	1.6
	加工的	8.1	
威士忌酒	对照	6.6	2.7
	加工的	9.3	

所引入的研究結果指出了威士忌酒, 罗姆酒和白蘭地醇, 15号葡萄酒在用 TBЧ 和臭氧加工后味道特性和香气都有很大改善, 而甜酒改善的程度較少。在加工前所观察到的在醇和威士忌酒內的烈性酒味和杂醇油的气味消除了。味道成为更溫和, 可口和調和。

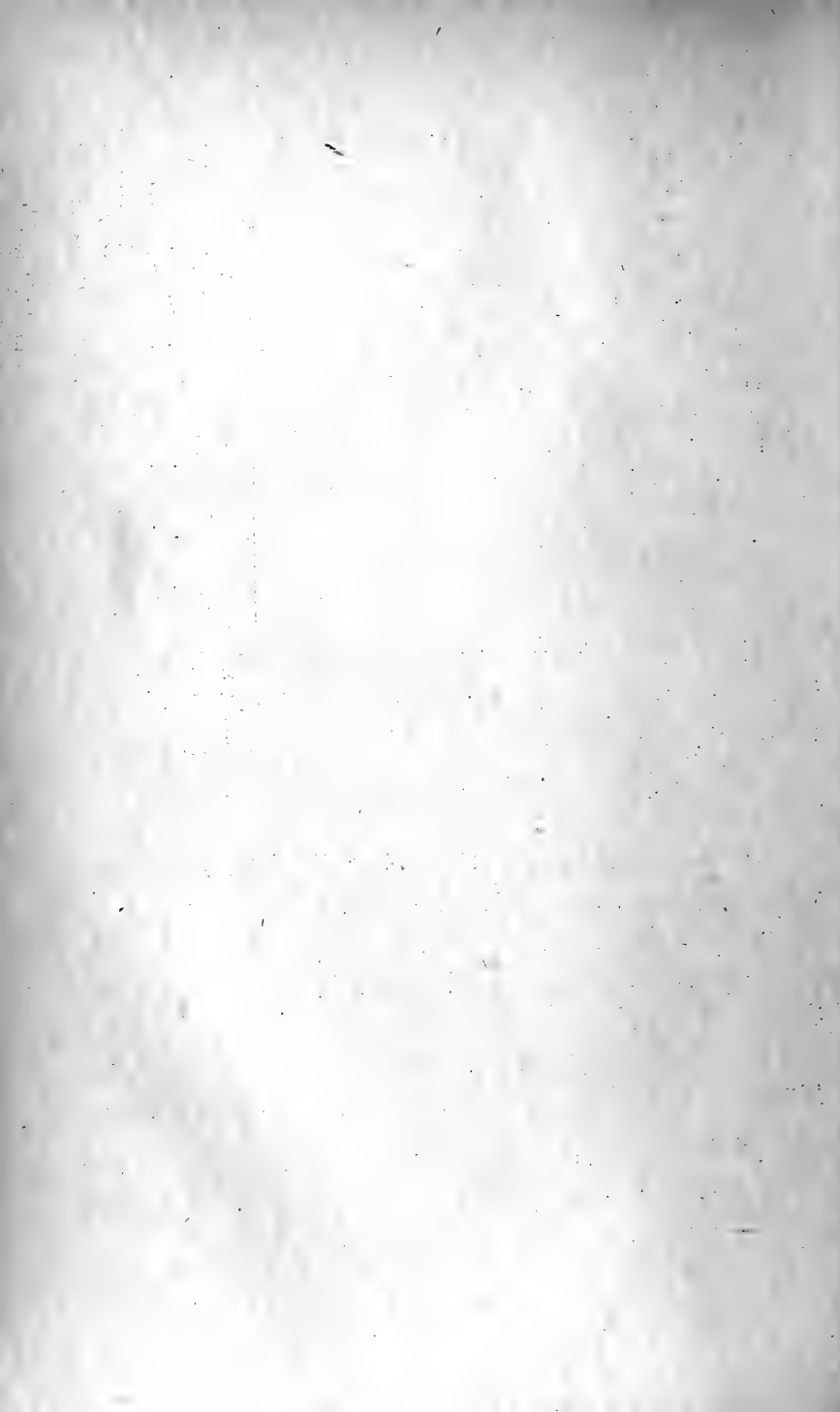
香烈酒甜酒类改善得比較少 (0.4 分) 可以这样解釋, 它是由葡萄酒經過两次淨化即除去了杂醇油混合物后而制成的。

因此, 可以看到酒精飲料質量特性的完全改善。

在物質的加工时的电能耗費(按供給发生器的整流电流計算)在实验室的条件下为每 1 升約 0.1—0.15 千瓦/时。

所提出的在 TBЧ 和臭氧作用下加速酒精飲料陈化的方法, 可以在所給的時間和加工溫度的自动控制之下容易的, 連續的实现。

[周綺云譯. 作者: Г. А. Максимов. 原題: Искусственное старение алкогольных напитков, вызванное действием озона и токов высокой частоты.]



V

农业中新的物理研究方法



在农业中利用示踪原子法的途径

A. M. 庫津

(苏联科学院生物物理学研究所)

同位素研究法,或通常所称的示踪原子法,在現時已經是众所周知的了。

利用放射性同位素混合物来“标记”某些元素、复杂化合物、微生物、昆虫、鱼类、鸟类及哺乳类,每年越来越广泛地用于解决生物化学、微生物学、昆虫学、鱼类学及生物学其他部門的各种問題。这种方法在解决許多重要的农业問題上,也是非常有前途的。

在这篇文章中,我想談的主要是那些能够使示踪原子法超出

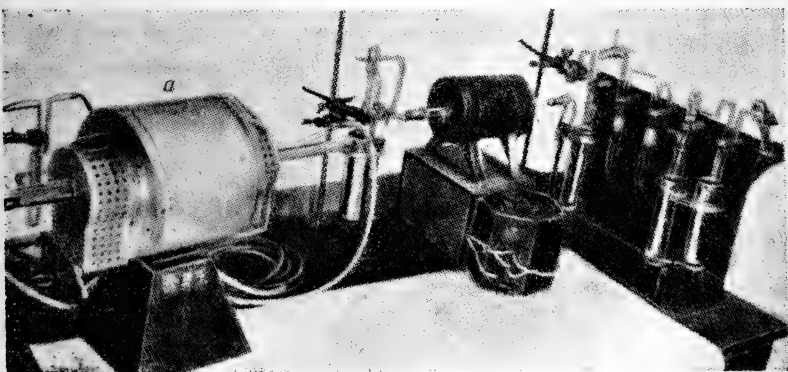


图 1. 燃燒及醇化重水裝置的外觀

大研究所專門試驗室窄小範圍,并能应用于各專業研究所、科学研究實驗室及試驗站等广泛研究网的实际工作中的研究方法。

首先談一下关于稳定同位素的研究工作的发展情况。由于象氮和氧这些广泛分布的元素,沒有具有合适半衰期的放射性同位素,而氦的射綫又很弱,所以不得不用氫、氮及氧的稳定同位素来解决許多問題。

如果說用 N^{15} 及 O^{18} 进行研究时,必須采用質譜仪 (масс-спектрометр),因而使这种研究方法的广泛使用受到某种程度的限制,那么采用重氫就完全可能在任何實驗室中进行,因为用液滴

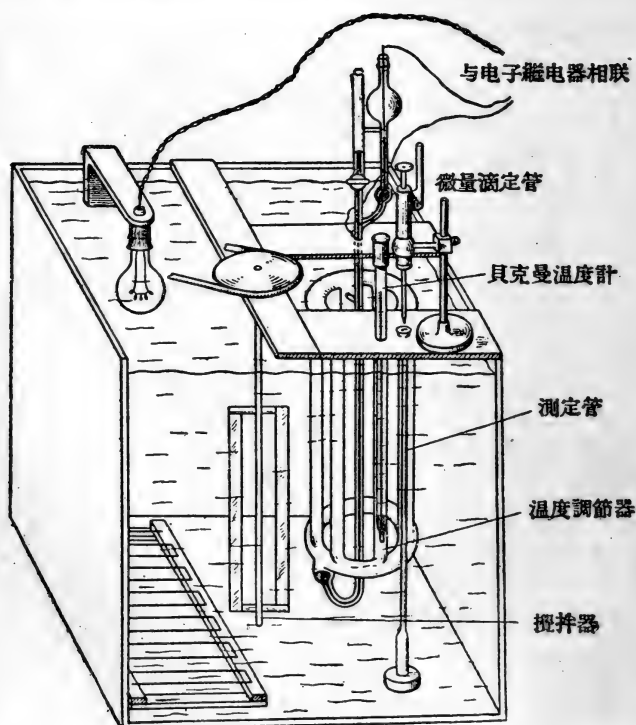


图 2. 用液滴下降法測定重氫的仪器图解

下降法来测定重氢并不特别困难，特别是在研究土壤中水的运动、水从土壤进入植物体、水在植物体内运动及其他类似的问题时。在这些情况下只需要简单的真空装置，以从试样中蒸出水分，随后并除去挥发性杂质。当用重氢来标记复杂有机物质时，这种装置略微复杂一些，它要有将试样在氧气流中燃烧，然后将所生成的水净化的装置。我们实验室用的这种装置如图 1 所示。

这种装置由燃烧试样的电炉 a 及用在轻便的裘阿 (дюар) 氏容器中的冷冻剂(甲醇—固体二氧化碳混合物)依次冷却的捕捉系统所组成。

在头几个捕捉器中装着 KOH 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 及 KMnO_4 来氧化有机杂质并吸收挥发性酸类。经过净化和多次蒸馏的水收集在最后的一个捕捉器中，水从这里再进入测定仪器中。用液滴下降法测定重氢是用图 2 (图解) 及图 3 (外观) 所示的仪器来进行的。

从这些图上可以看出，测定是在容量为 300 立升，放在用软木绝缘的木箱内的，有机玻璃恒温槽中进行的。电气温度调节器可保持温度准确到 $\pm 0.02^\circ\text{C}$ 。仪器的最重要部分——微量移液管，如图 4 所示，

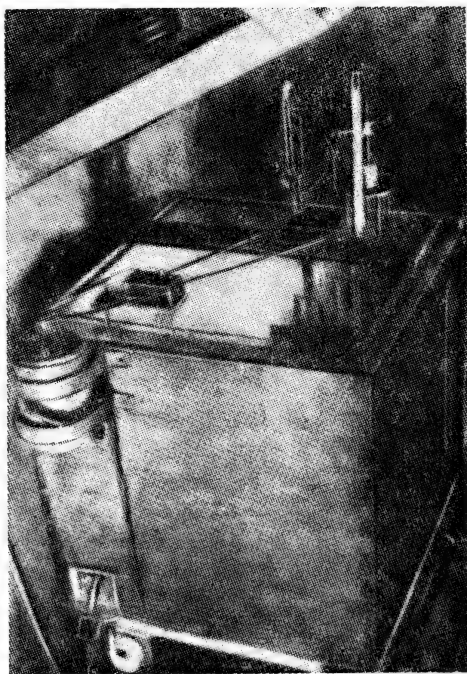


图 3. 用液滴下降法测定重氢的仪器外观

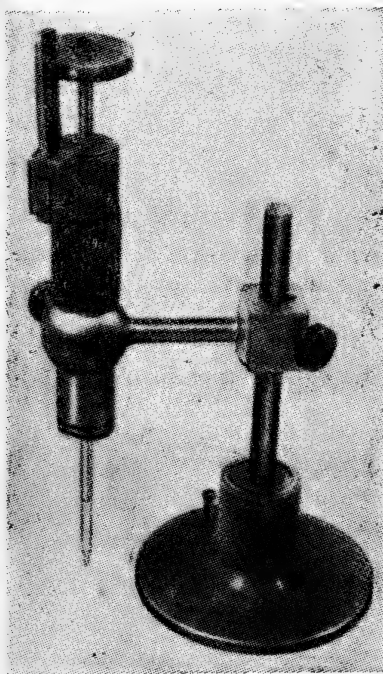


图 4. 用液滴下降法测定重氫仪器中的微量移液管

是用一个可轉动的測微螺旋来控制液滴具有严格的标准直径。

我們共同工作者耶梅力揚諾夫(К. Н. Емельянов)及爱依杜斯(И. Х. Эйдуc)的实驗表明,用这种仪器来进行測定,可以达到 0.02% 的准确度。

利用重水在这种装置上进行研究工作〔与阿赫罗梅科(А. И. Ахромейко)教授及茹拉夫列夫(М. В. Журавлев)共同进行的],可以看出水在一些落叶树属中——櫟树、桦树、樺树——从根到叶的运行速度,并比較水和溶解在其中的物質(磷酸鹽,示踪原子 P^{32})的运行速度。

采用上述装置可以比較容易地解决一些重要的农业問題(植物中水的移动、外界条件与水运动速度的关系、抗旱及喜水品种的水的代謝特性等),所以在实践中运用这套有价值的装置的意义是十分清楚的了。

在开始談放射性同位素研究工作前,首先列舉那些对农业方面研究工作最簡便和最重要的同位素的名称(表 1)。

如大家所知道的,用放射性指示剂法来研究施于土壤中的肥料被植物同化的問題,是极有成效的。在估計肥料进入植物的速度与肥料施入土壤的方法、肥料的状态、施肥時間及一系列其他条

件之間的关系时,这是最迅速和最簡便的方法。

表 1 放射性同位素

同 位 素	半 衰 期	同 位 素	半 衰 期
C ¹⁴	5720 年	Fe ⁵⁹	47.1 日
Na ²⁴	14.9 小时	Co ⁶⁰	4.95 年
P ³²	14.3 日	Zn ⁶⁵	250 日
S ³⁵	87.1 日	Br ⁸²	34 小时
Cl ³⁶	2·10 ⁶ 年	Sr ⁸⁹	55 日
Ca ⁴⁵	163 日	Sr ⁹⁰	19.9 年
Mn ⁵⁴	310 日	J ¹³¹	8.1 日

在試驗站实际工作中广泛采用这个方法是特別重要的。对于不同的土壤、不同的气候区域,攝取肥料的条件可能改变,所以应该考虑到气候及地理条件,在很多地点进行同样的試驗。为了在試驗站实际工作中广泛采用这个方法,必須有一个簡便的、可攜帶的灵敏計数器,这种計数器应该可以直接在野外条件下使用。我們實驗室的研究工作者科罗特科夫(М. М. Коротков)設計了一种輕便的計数器,它可以在野外条件下测出局限于植物一定地段內的放射性磷、鉄、鈷、鋅、碘。

这种仪器是基于发光計数器 (люминесцентный счетник) 原理。仪器的感受光的部分是直徑为 1 厘米的二苯基乙烯 (стильбен) 的发光晶体,它被固定在用有机玻璃制成的引光器的一端,引光器与 ФЭУ-19 型的光电倍增管的光阴极相接,光电倍增管將初級脉冲放大几十万倍。脉冲从光放大管进入电子放大管,并被机械計数器記錄下来。仪器的外觀如图 5。

計数器由可攜帶的蓄电池供給电流。引光器和晶体的旁側用金属套遮蔽,晶体的感受表面是一层薄铝箔。这样就可以在野外

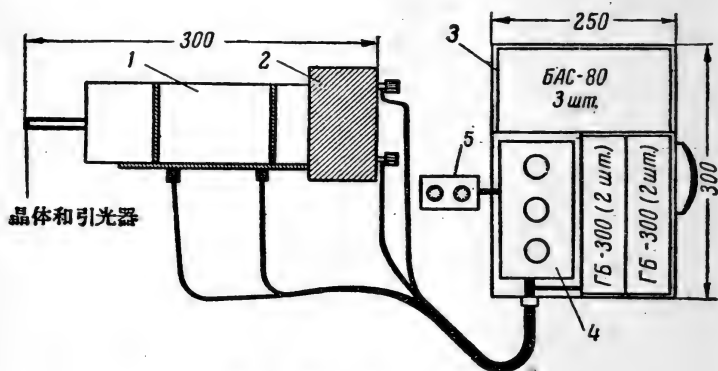


图 5. 野外工作用计数器图解

1—光电倍增管 2—供给光放大管的分压器 3—装有无
线电记录线路及供给电池的木箱 4—包括放大器及倍增
器的无线电线路 5—电动机械计数器

日光下用计数器进行工作。当进行硬性 γ -射线研究时，将一个铅套旋在仪器的感受部分上，以遮住晶体，免受侧面射线的影响。

上述仪器无疑地还可以用来研究农业牲畜在活体中的新陈代谢过程。在进行这种试验时，由于有引光器，所以可以将感光晶体接近生物体的任何部分，这点是非常有利的。

利用放射性同位素研究肥料与土壤的相互作用，研究肥料被土壤水淋溶速度以及表层及深层肥料在土壤中的分布等的时候，常常需要在野外作大量的放射性测定。为了这些大量的测定，我们实验室的馬姆力 (Я. В. Мамуль) 研究出来的、利用放射性光

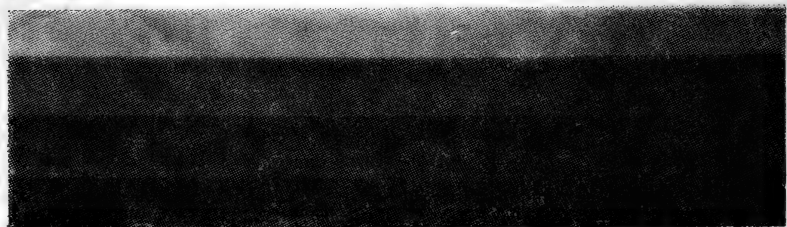


图 6. 放射性光劈的射线照象

劈(клин)的定量放射性自身照象法(радиоавтографический метод)是很方便的。在这种多步光劈的放射性照片上(图6)可以看出,光劈使感光底片不同程度地感光。知道了光劈的放射性并用光度计测定了感光程度,就可以很容易地画出感光底片的感光曲线,这种曲线使我们能很容易地从光度计的电流计指数换算到以每分钟的脉冲计的受光物的放射性,这种曲线如图7所示。

为了在野外大量测定土壤的放射性,我们建议采用如图8的简单装置。

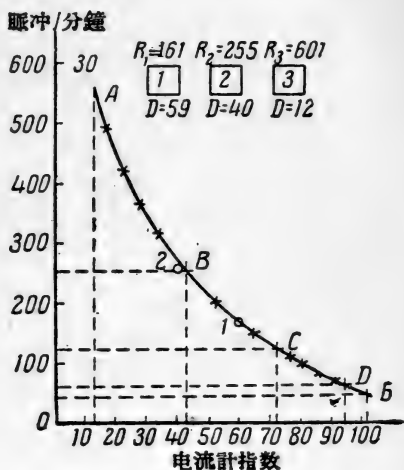


图7. 底片感光曲线

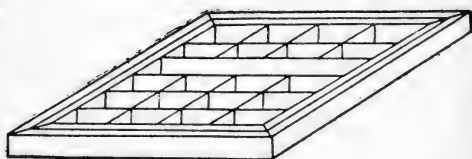
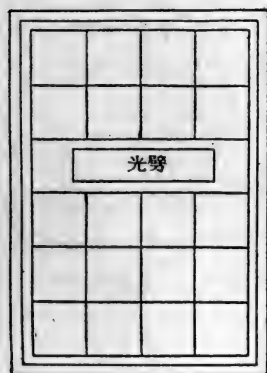


图8. 用放射性光劈定量测定土壤样本放射性的平盘

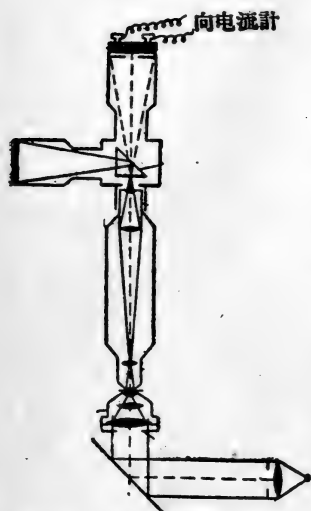


图 9. 带有硒光电管的光度校正器(图解)

在平木匣底放上灵敏的包在黑腊纸中的伦琴射线底片。在底片上放置带小格的框子。在中央长格中放置对照放射性光劈，而其余的格子里都充满着土壤样品。经过射线处理后，洗出底片并测出小格中心的光度。为了测定光度，我们实验室所设计的、如图 9 所示的，带有硒 (Se) 光电管的光度校正器 (фотометрическая насадка) 是很适用的。

这个校正器可以用普通显微镜进行光度测定。我们所采用的这一套仪器 (已知特性的放射性光劈、光度校正器及平盘) 的工业生产，使得有可能在野外大量地采用示踪原子法。

射线照象法，不需要特殊的贵重仪器，而且可以解决很多农业生物的问题，所以应该尽量加以推广。

这个方法的优点，可以从由德罗布科夫 (А. А. Дробков) 得出的一系列射线照象的实例中看出。图 10 及图 11 中是含有标记原子 P^{32} 的磷酸盐，由叶部中，即用根外施肥法引入植物后，在植物体中分配情况的研究结果。可以看出，在成熟的萝卜 (图 10) 及胡萝卜 (图 11) 中，从叶子取得的磷，累积在块根中。

为了研究农业植物或牲畜的新陈代谢，为了了解土壤中有肥料的有机肥料的作用以及它们对农业植物营养的意义，必须预先制得以放射性同位素标记了的复杂有机物质。为此，我们利用了生物合成。用这个方法，不仅可以得到光合作用的初级产物——碳水化合物、蛋白质，而且还可以得到复杂的植物性物质，只要延长在放射性二氧化碳大气中光合作用的时间。这种长时间的试验，我们实验室中



图 10. 用 P^{32} 根外施肥后, 萝卜的射线照像

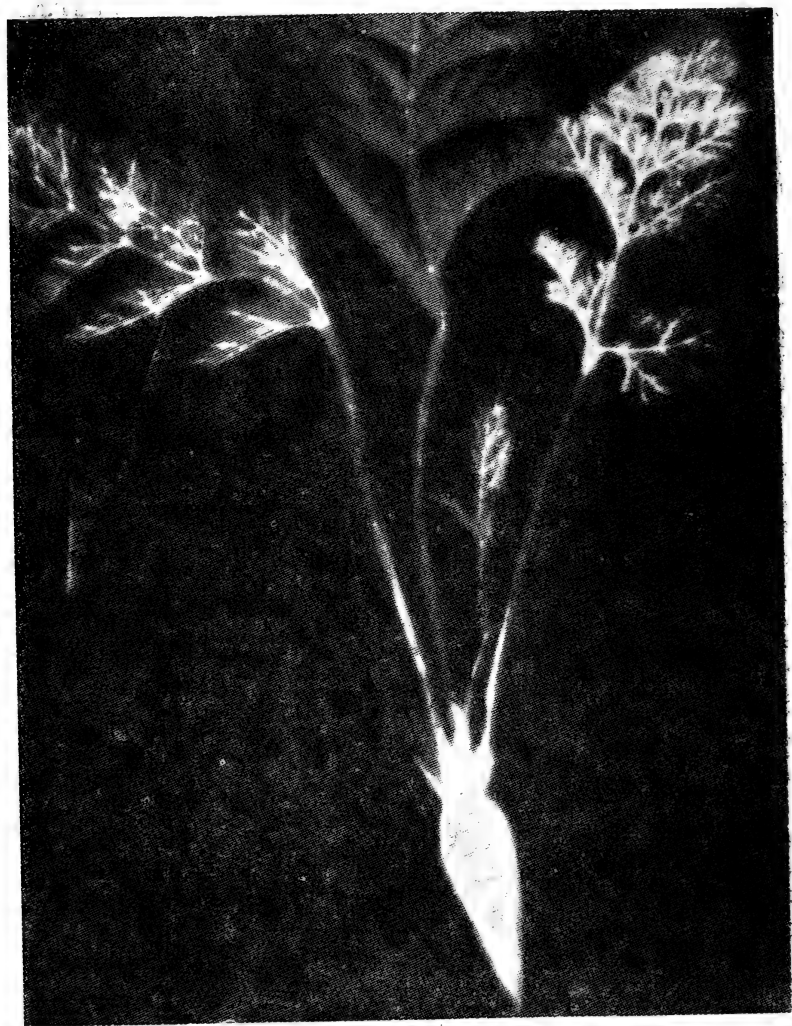


图 11. 用 P^{32} 根外施肥后,胡萝卜的射线照像

在如图 12 所示的小室中进行。

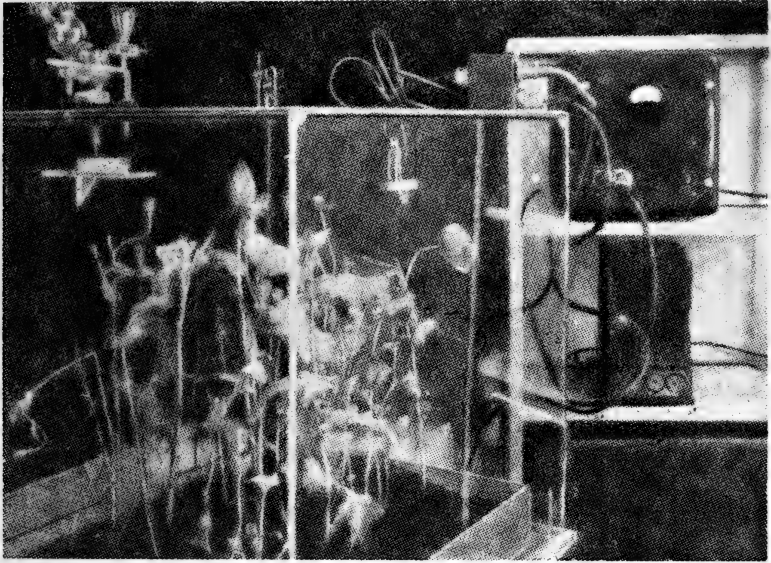


图 12. 在放射性二氧化碳大气中进行光合作用的小室

用有机玻璃制成的小室，附有检查大气中标记 CO_2 数量的钟罩式计数器 (торцовый счетчик)、压力计及时时向小室供给新鲜放射性二氧化碳的仪器。

米列诺娃 (В. И. Меренова) 在 14 天中在这种小室中培植了罂粟 (*Papaver somniferum*)，获得了强烈地标记着放射性碳的鸦片族植物碱：吗啡、可的因 (кодеин)、那可丁 (наркотин)。图 13 上是具有 6000 脉冲/分/毫克放射性的吗啡结晶体。

这个试验中所得到的绿色物质，植物碱抽取以后，作为有机示踪肥料。我们与米列诺娃一同研究了有机植物性肥料在土壤中的状况及施于土壤中的有机肥料中的碳被植物根部摄取的情况。从图 14 可以看出，施于土壤中的有机肥料中的碳，通过根系，被植物同化进行得很迅速。



图 13. 嗎啡的晶体, 放射性 6000 脈冲/分/毫克

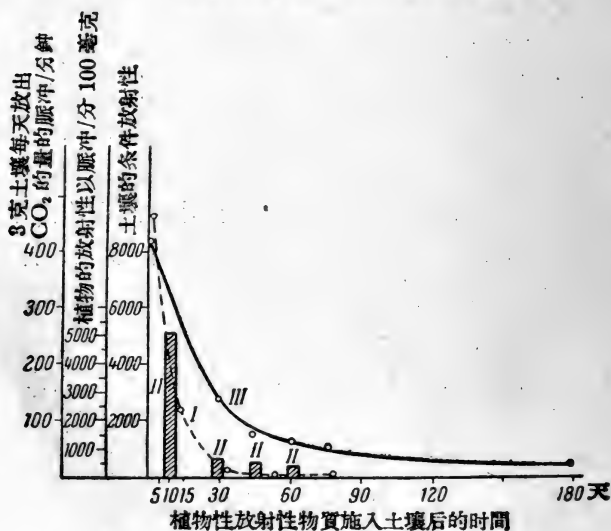


图 14. 攝取有机肥料的碳与施肥时间的关系

这种摄取,在施肥后头几星期进行得最强烈,但过了两个月以后仍在进行。由于土壤微生物的作用,复杂物质发生强烈氧化,在土壤中生成了大量二氧化碳,所以,如我们早先指出过的一样,大部分的碳是以二氧化碳的形式被根部吸收的。

为了希望检验一下,是不是植物能够直接摄取施于土壤的肥料中的有机物质,米列诺娃在消毒的条件下,在消毒的土壤中重复了这些试验。从射线照象(图 15)中可以看到,在这种条件下培植的植物,也从所施肥料中摄取了碳,虽然要比未消毒土壤中少一些。

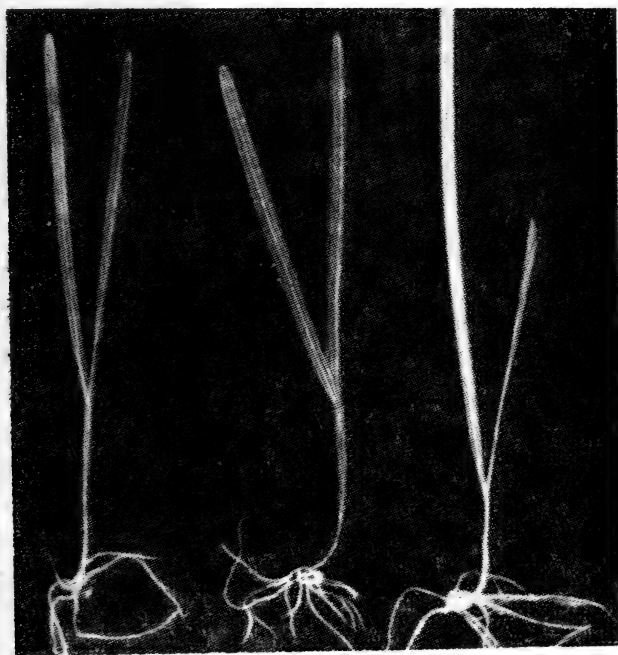


图 15. 消毒及未消毒条件下培植的植物的射线照象

为了确定这个问题,继续进行了一些试验:在营养液中加入了某些含示踪碳的物质,如葡萄糖、果糖、甘氨酸、醋酸酯等。这时,

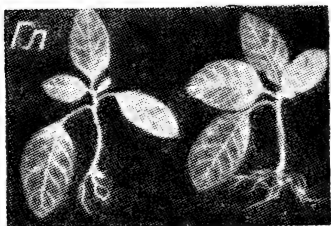
暗

光

暗

光

24 小时



24 小时



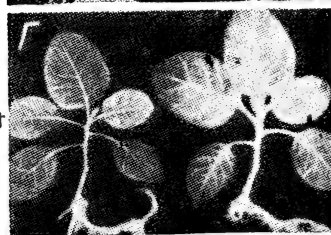
24 小时



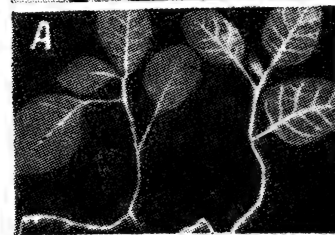
24 小时



5 小时



5 小时



2 小时



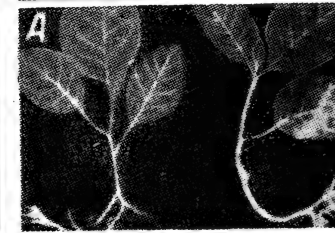
2 小时



1 小时



1 小时



15 分钟



15 分钟



图 16. 烟草在葡萄糖(ΓГ)溶液——24 小时, 果糖(Φ)溶液——24 小时, 甘氨酸(Γ)及醋酸酯(A)溶液——24 小时, 5 小时, 2 小时, 1 小时及 15 分钟后的射线照象。

經過 15 分鐘就可以看出它們通过根系猛烈地进入植物体内。

特別有趣的是，当我们看到甘氨酸及醋酸酯，在光照射植物时，进入和攝取得很猛烈，而在暗处則攝取显著的比較差一些。这个可以从图 16 的射线照象中很清楚的看出来。

置于暗处或曝于光下

应用同位素法对于研究新陈代谢特別具有前途，而新陈代谢是农业植物和牲畜生产率的基础。为了迅速地在野外测定植物光合作用的强度，可以利用如图 17 所示的有机玻璃小室。从图上可以看出，把植物的几片叶子在自然条件下置入紧密关闭的小室中。在小室中充滿过量的放射性 CO_2 。經過短时间的曝光(30 秒——

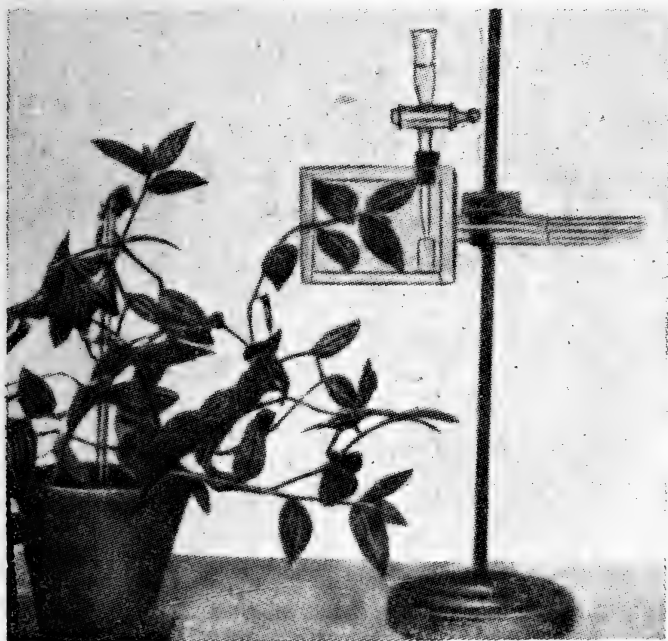


图 17. 在野外条件下测定光合作用强度的小室

2 分) 后, 將叶片取下并固定, 它們的放射性或者用計数器, 或者用放射性光劈的射綫照象法来測定。短時間曝光时, 放射性强度与光合作用的强度成正比。

生成物質的放射性色层分析法使用示踪原子研究新陳代謝的方法更趋完善。条形放射性色譜可以用下列方法来显现: 或者如图 18 所示, 用它的射綫照象, 这时色譜中有放射性物質的地

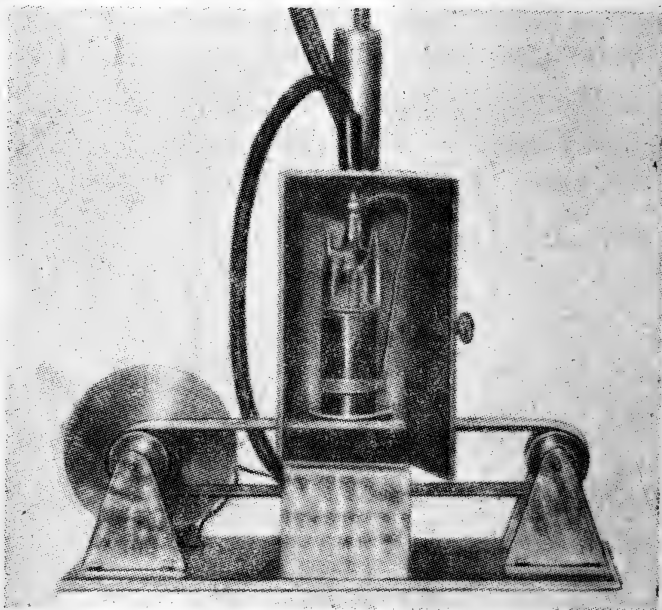


图 18. 色譜射綫照象

方就呈現光亮; 或者測定它的放射性。为此, 在我們實驗室中, 沙耶科 (Г. Н. Саенко) 設計了如图 19 所示的仪器, 固定在循环橡皮帶上的条形色譜, 从其上方裝有鐘罩式計数器的縫隙下經過。

將圓盤旋轉一定的刻度, 色譜也随着移动几毫米。同一色譜的射綫照象如图 18 所示, 而計数器的測定結果如图 20 所示。

这个方法不仅提供定性的結果, 而且也提供定量的答案, 因为

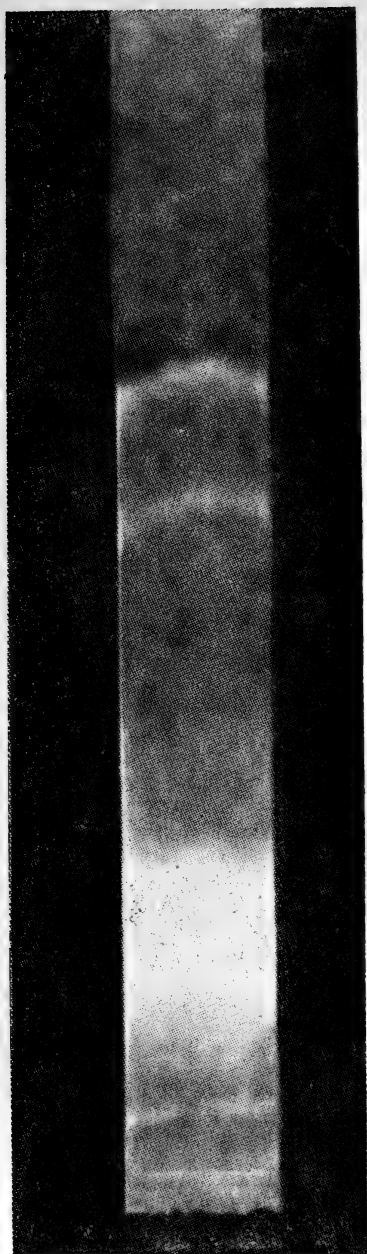


图 19. 测定放射性色譜的放射性的仪器

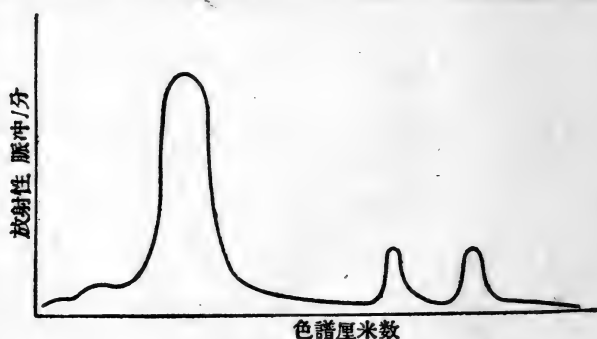


图 20: 色譜中放射性分佈图

尖頂的面积与存在的放射性物質的量成正比。

我在本文中只談了我們實驗室自己研究出的研究方法。

最后,我想着重指出,現时在发展示踪原子法中最主要的障碍,是工业生产的相应仪器設備种类极少。应该尽一切努力来实现某些試驗室所已經設計和研究出来的仪器設備的大量生产,这无疑將会有助于在农业方面广泛使用示踪原子法。

[沈其丰譯. 作者: А. М. Кузин. 原題: О путях использования метода меченых атомов в сельском хозяйстве.]

放射性色譜法及其在农业生物学中的意义

B. B. 拉岑斯基

(荣获列宁勳章的莫斯科季米里亞捷夫农学院)

近年来在生物学中采用示踪原子法和色譜法特別具有成效。將放射性指示剂法及色譜法极成功地結合在一起，因而被称为放射性色譜法^[3,4,6,8,9]的这种新的研究方法具有特別广闊的发展前途。

这个方法現在可以应用在下列几个方面：

放射性化学方面，它用于檢驗放射性同位素的色譜分离法^[13]；

物理学及物理化学方面，它可以成功地用来研究吸附过程^[3,4,6]；

生物学方面，它有意义在于它是研究生活有机体中物質轉化的最重要和最先进的方法之一^[12]；

土壤学方面，它給研究在土壤中物質的吸收、运动和分解的动力学帶來很大的好处。

在生物學研究工作中采用放射性色譜法的基本原則是：向生活有机体中引入标记的放射性同位素化合物，以后借助于色譜法来进行新陳代謝产物的分析；同时表明了标记元素或标记的功能基进入了什么化合物。为了放射性色譜的定性和定量分析，可以利用电子計数器及放射性自身照象。紙上放射性色譜法^[8]是研究生活有机体中物質轉化极精密的方法。

研究在新陳代謝过程中各不同阶段所形成的产物的一系列放射性色譜，可以得到关于物質随時間而轉化的途徑的資料。

現在已經很清楚，在生物化学研究工作中采用放射性色譜法，对解决生物学、物理学和化学主要問題之一——利用生物合成的資料，以實現源于生物的物质，特别是营养产品的工业合成，开辟了新的途径。此外，这些資料对于研究控制动植物新陈代謝的方法也是很有意义的。

在生物化学領域內第一次采用放射性色譜法是在1947年，由喀斯統(Кестон)等，用 J^{131} 及 S^{35} 作为标记同位素^[21]，对衍生物态的氨基酸混合物进行微量分析时应用的。近年来在文献中几乎同时出現了一系列在生物化学研究中采用放射性色譜的研究工作^[14-24]。当然，最有趣的是那些用放射性碳 C^{14} 的研究工作^[7,14-17,20,22,23]。

特別值得注意的是用放射性色譜法来研究植物光合作用的产物。本仲(Бензон)，卡里文(Кальвин)等人所进行的研究工作，才有可能明瞭这个过程的一系列化学上全新的細節。^{用藻類做的}从水培試驗(опыт с водорослями)已經証明，光合作用的初級产物是磷酸甘油酸(фосфоглицериновая кислота)，而在植物中累积的最初固定的碳是双糖蔗糖，而不是如从前所認為的是單糖，并且形成蔗糖时的中間产物是蔗糖磷酸酯类(сахарофосфаты)。后来苏联及国外学者的許多研究工作已經証明，不同植物在不同条件下，在化学上是不同的，因此，目前很难說出光合作用的唯一公式是怎样的。

1947—1948年，独立于上面所講过的許多学者，由伊万年科(Д. Д. Иваненко)及加朋(Е. Н. Гапон)所創始，放射性色譜法被应用于研究离子交換吸附的动力学^[6]。这个研究工作，一方面具有关于色譜法原理方面的理論意义，另一方面也具有关于研究植物与土壤中物质的分解与交換的实际意义。

在这个研究工作中第一次利用了电子計数器来定量地研究放射性色譜柱，而可能更全面地来研究色譜过程。

当时所进行的試驗中研究了磷酸离子在无机吸附剂——离子交换性氧化铝及人造沸石(пермутит)上的吸附动力学。

在同一时期还进行了应用放射性色譜法研究土壤中离子吸附、运动及分解的动力学的最初的試驗。

我們在 1950 年在季米里亞农学院 (TCXA) 人造气候实驗室中重新开始了放射性色譜法范围内的研究工作。为了說明放射性色譜法在方法論上的可能性以及它对农业生物学的意义,我們介紹自己实际工作中的一些实例。

在离子交换吸附剂上离子吸附动力学的研究,对生物学因而在实驗技术上极广泛应用离子交换色譜法是有意义的。

我們研究了磷酸离子在离子交换性氧化铝、人造沸石及离子交换有机树脂上的吸附动力学。得到放射性柱形色譜的方法如下。直徑为 5—6 毫米及高度为 15 厘米的玻璃管,充滿一定重量的吸附剂(空气干燥或悬浮于水中)。每次向柱中注入 1 毫升标记同位素 P^{32} 的磷酸鈉溶液。

用計数器研究标记磷酸离子在柱中最初的分布,用水冲洗柱时的分布,用 $1.0N$ NaOH 溶液取代磷酸离子时不同阶段的分布,最后,磷酸离子在依次收集的各部分濾液中的分布(液体放射性色譜)。測定的技术是这样的:在玻璃管柱上每隔 0.5 厘米画一个刻度,然后用計数器測出每半个厘米或一厘米柱层的放射性(以每分鐘次数計)。每层的放射性,用鉛护套管完成隔絕开来。每部分濾液(1 毫升)的放射性則用普通方法来測定。所有測定的結果都以引入柱中标記磷酸离子原始放射性的百分数来表示。根据这些数据画出标记磷酸离子在柱中及濾液中的分布曲綫(放射性色譜)。

在图 1 上是阴离子交换性氧化铝(NO_3^- —交换性 Al_2O_3) 柱的磷酸离子的放射性色譜,而图 2 上是阳离子交换性氧化铝(Na^+ —交换性 Al_2O_3) 柱的放射性色譜。

所得到的,表征磷酸离子在氧化铝色譜柱上的吸附动力学的

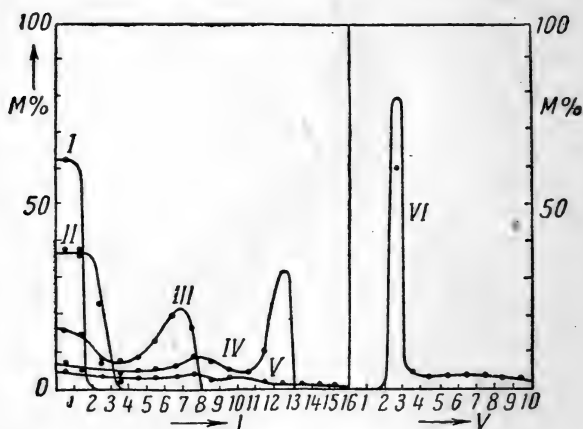


图 1. 阴离子交换性氧化铝柱的磷酸离子放射性色谱
 L —柱高, 以厘米计; V —滤液体积, 以毫升计; M —磷酸离子的量, 以引入柱中磷酸离子原始的量的百分数计
 I—最初的放射性色谱; II—冲洗后的放射性色谱; III, IV, V—用 1.0N NaOH 取代磷酸离子时的放射性色谱; 向柱中加入 NaOH 溶液, 每次 1 毫升; VI—冲洗的液体放射性色谱

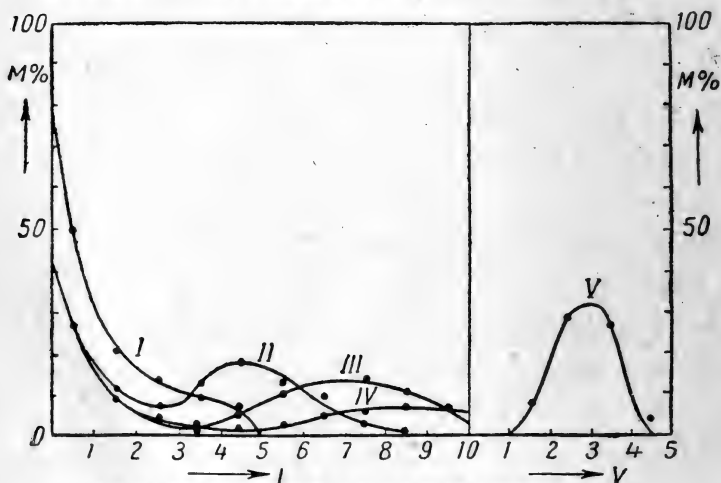


图 2. 阳离子交换性氧化铝柱的磷酸离子放射性色谱
 I—最初的放射性色谱; II, III, IV—柱冲洗时放射性色谱;
 V—冲洗的液体放射性色谱

放射性色譜，可以用加朋(Е. Н. Гапон)^[1]的离子交换动力学的理論来解釋。在图(3)上是被吸附的离子，当不同的交换常数值及不同大小的离子比时的动力学上的分布曲綫^[1,10]。比較实验所得的放射性色譜与理論上的曲綫，可以估計一系列表征磷酸离子吸附动力学的参变数。

比較磷酸离子最初分布曲綫与冲洗后的分布曲綫，可以估計离子比值，它等于溶液中及吸附剂中离子量的比例。当磷酸离子在阴离子交换柱上吸附时，柱上层是被磷酸离子饱和的吸附剂（在最初及冲洗色譜上有高峰）。飽和层被吸附状态的离子量除以这一层的重量，就得到所要的吸

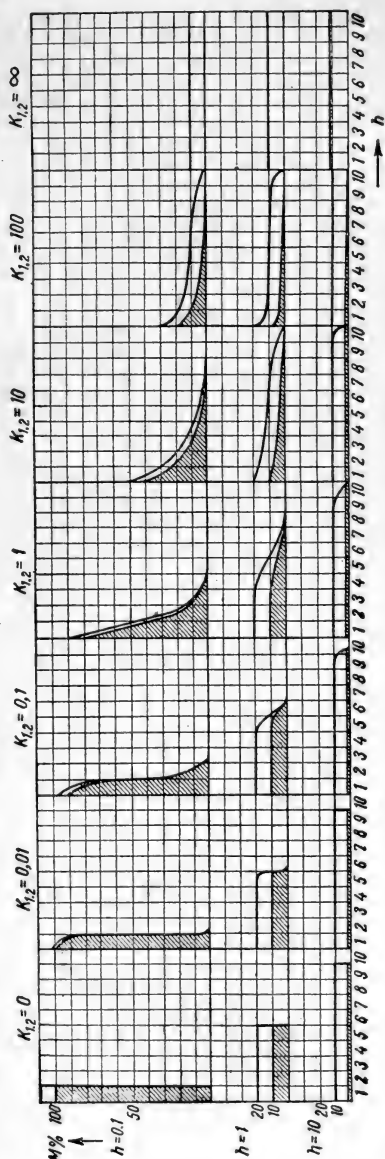


图 3. 在用一价离子饱和的离子交换吸附剂柱中离子比值及交换常数不同时被吸附的一价

离子的动力学分布理論曲綫, $n=10$

阴影面积——吸附状态的离子量。

上面曲綫下的面积——引入柱中离子全量

收容量值。在上述試驗中吸收容量为在 1 克吸附剂上約 25 毫克 P_2O_5 。

通常假定，阳离子吸附剂柱不應該保留阴离子。在阳游子交换性氧化铝的試驗中表明，引入柱中的相当部分的磷酸离子沿着柱長牢固地被吸附着，另外一部分磷酸离子从柱中被冲洗掉。比較試驗的及理論的曲綫証明，在阳离子交换性氧化铝上磷酸离子的吸附是以交换常数数量級为 10 的离子交换吸附的形式发生的。这也就是說磷酸离子應該被具有很大吸附性的阴离子所交换。这种离子可能是在色层氧化铝表面上存在的氢氧离子。因此，阳离子交换性氧化铝可以交换阳离子和阴离子。我們也得出了磷酸离子在人造沸石——Na 上的交换性吸附，人造沸石——Na 也可以吸附相当量的磷酸离子。显然，所指出的現象是由于氧化铝及人造沸石的两性（амфотерный）。当用离子交换吸附剂来分离阴离子和阳离子，或用色譜法来定量測定它們的，必須考虑到它們的两重性。

被吸附在氧化铝上的磷酸离子柱容易用 NaOH 溶液取代，例如在图 1 就可以看到。

合成有机离子交换树脂在現代在色譜实际工作中得到当冲洗柱时；只有在溶液中的磷酸离子从吸附剂的上层被冲洗下来。这样在吸附剂飽和区域中最初分布在上层的磷酸离子的全量为吸附剂上及溶液中它們的量的和，那么，經過冲洗以后，同一区域内只留下被吸附状态的磷酸离子了；在吸附剂空隙中將是純溶剂（水）。

从上层中冲洗前的磷酸离子的全量，减去这一层在冲洗后所剩的磷酸离子量，就得到上层中溶液中磷酸离子的量。將所得到的結果除以吸附剂上磷酸离子量，即得到所求的离子比值。在上述的情况下这个值等于 0.8。

比較放射性色譜及理論曲綫，还可以估計交换常数。在阴离子交换性氧化铝上磷酸离子曲綫前部的坡度极大，則相应的交换

常数数量級为 0.01。按照离子交换色譜[1]的理論如果两种离子对于某种吸附剂的交换常数至少相差一个数量級的条件下,則可能將它們有效地分离开来。因此通常在色譜实际工作中,交换常数的粗略估計就够了。

用放射性色譜法很容易来測定如吸附剂的吸收容量这样重要的数值。这个数值的計算方法是这样的:当交换常数 $K_{12} \ll 1$ 时,吸附剂的上层被这个离子完全飽和。冲洗柱时,所有的离子都是被吸附状态。广泛的应用离子交换树脂比起无机吸附剂来主要的优点在于它們具有很高的吸收容量,而且物理和化学穩定性超过无机吸附剂。但是从分离的能力上看,它們不如无机吸附剂,在合成树脂上物質吸附本性还研究得很少,但是,这个問題的 actual 意义无疑地是很大的。我們研究了磷酸离子在阴离子交换性树脂(H, MH, MM2H, MГ, MMГ-1)及阳离子交换性树脂(СБС, НСФ)上的吸附。

在图 4 上是吸附了各种阴离子的不同阴离子交换性树脂最初的及冲洗后的放射性色譜。向柱中注入 1 毫升濃度为 10 毫克 P_2O_5 的标记磷酸溶液。在同一个图上还表明了磷酸离子在吸附了 OH^- 离子的树脂上的吸附动力学的放射性色譜(參看第一及第二列图表), (a) 从 NaH_2PO_4 溶液 (10 毫克 P_2O_5 /毫升) 中吸附及 (b) 从 H_3PO_4 (10 毫克 P_2O_5 /毫升) 中吸附。

从图可看出,磷酸离子在阴离子交换性树脂上,从 NaH_2PO_4 溶液中的吸附进行得不如从 H_3PO_4 溶液中好。这个現象可以用 OH^- 离子的对抗作用 (конкурирующее действие) 来解釋,当溶液中有鈉离子存在时, OH^- 离子当被磷酸离子取代到溶液中时沒有被中和。而当磷酸离子从酸中被吸附时,則取代出的 OH^- 离子被氫离子所中和。

吸附了 Cl^- , NO_3^- , 磷酸离子, 草酸离子及檸檬酸离子的树脂的放射性色譜, 沒有重要的本質的差异。冲洗的放射性色譜具有中

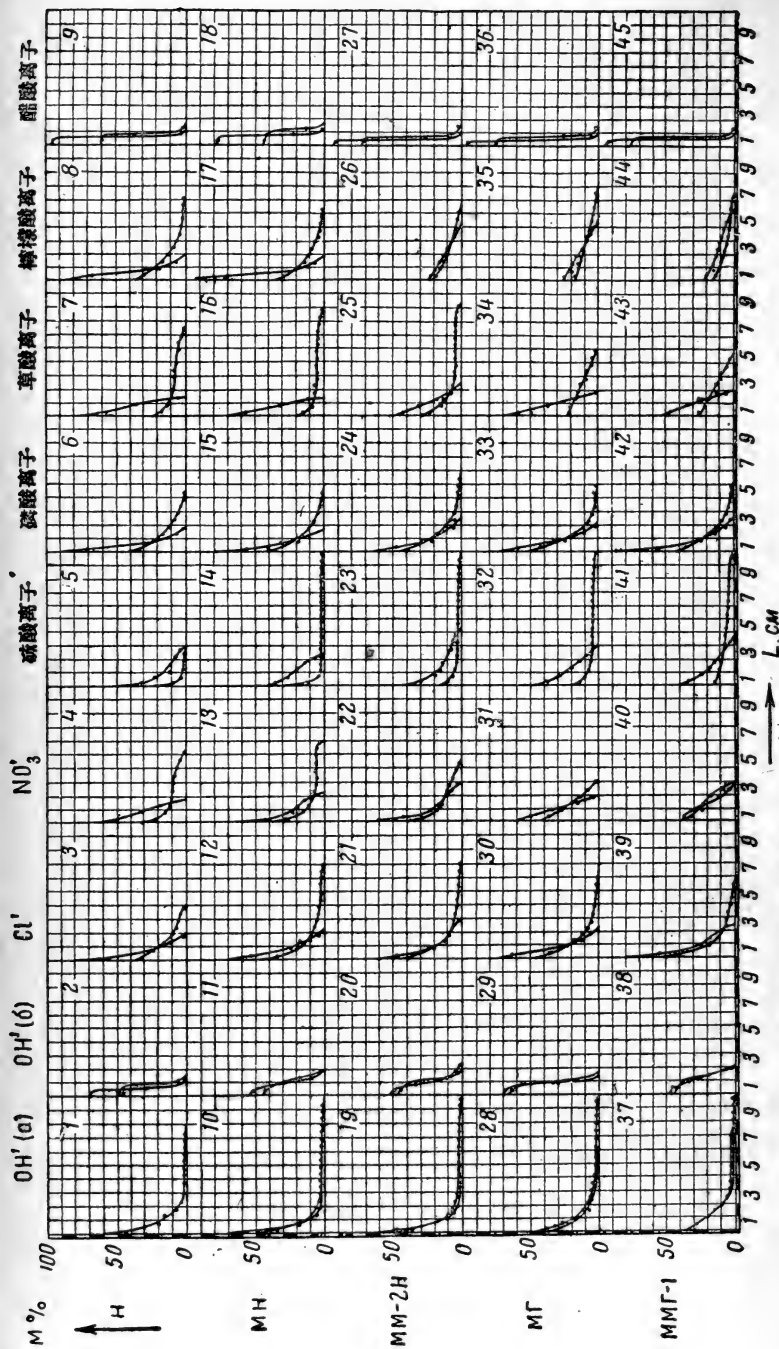


图 4. 被不同阴离子饱和的各种阴离子交换性树脂柱的磷酸根离子放射性色谱
 曲线图: 1—9—树脂 H; 10—18—树脂 MH; 19—27—树脂 MM-2H; 28—36—树脂 MΓ; 37—45—树脂 MMΓ-1。
 曲线图: 1, 10, 19, 28, 37—磷酸根离子在 OH 交换性树脂柱上从 NaH_2PO_4 溶液中吸附; 2, 11, 20, 29, 38—磷酸根离子在 OH 交换性树脂柱上从 H_3PO_4 溶液中吸附; 3, 12, 21, 30, 39—磷酸根离子在磷酸根离子交换性树脂柱上从 H_3PO_4 溶液中吸附; 4, 13, 22, 31, 40— NO_3^- 交换性树脂; 5, 14, 23, 32, 41—硫酸根离子交换性树脂; 6, 15, 24, 33, 42—碳酸根离子交换性树脂; 7, 16, 25, 34, 43—草酸根离子交换性树脂; 8, 17, 26, 35, 44—柠檬酸根离子交换性树脂; 9, 18, 27, 36, 45—醋酸根离子交换性树脂。

間凹下的形式，这相应于交換常数 $k \geq 1$ 及离子比值 $h < 1$ 。溶液中頗大量的磷酸离子所得的吸附了草酸离子的树脂的最初色譜，与頗窄狹的最初分布帶的同时形成，明显地表明，磷酸离子在吸附了草酸离子的树脂上的吸附，除了以离子交換的形式以外，还发生了离子的分子吸附現象*。磷酸离子的分子吸附現象在吸附了硫酸离子的树脂上观察得特別清楚。

在研究离子吸附动力学現象时，还應該注意到一个很重要的，影响色譜过程的因素，即介質 pH 的改变。在我們的試驗中向柱中注入了 $\text{pH} = 1$ 的磷酸溶液。在最初的狀況下柱的孔隙中有 $\text{pH} = 7$ 的水。可見，在实际情况下液体經過柱运动时純水与原始溶液間界面是被冲洗着的，并且柱中 pH 或多或少地平均的从 1 到 7 的改变着。但增大溶液的 pH，磷酸离子不同形式的比例就改变了，增多了 HBO_4 形式的磷酸离子的部分， HBO_4 离子比 H_2PO_4 离子吸附較强。这可以解釋为什么某些放射性色譜是 S-型的。

在帶有醋酸离子的树脂柱中所得到的磷酸离子放射性色譜表明：在这样的情况下交換常数 $K \ll 1$ ，即醋酸离子比磷酸离子的吸附能力要小得多。这个結果很重要，因为它指出了磷酸离子最好的动力吸附条件，是在帶有醋酸离子的树脂上发生的。在这个情况下，得到磷酸离子的狹窄帶，而吸附剂的吸附容量也从該最大值得到。

这样，如图 4 所示的放射性色譜，可以找出磷酸离子在阴离子交換性树脂上吸附的一些很重要的方面。它們使得估計决定吸附过程靜力学及动力学的基本参变数有了可能。根据这些数据能够确定：硫酸离子在所有的树脂上有最大的吸附能力，而醋酸离子的吸附能力最小；其他阴离子在离子系列中大約占相同的位置。

已經証明：磷酸离子在阳离子吸附剂 CEC 及 $\text{HC}\Phi$ 上实际上是不被吸附的——仅仅有极小的吸附，大約只有引入柱中磷酸离

* 即发生了分子吸附，离子与其异离子同时被吸附——譯者註。

子原来量的 1—2%。这样,甚至有这些可作为特征的阳离子交换性吸附剂,如 СБС 及 НСФ 树脂,也发现了两性,虽然是远比无机吸附剂的程度要小得多。在分析的实际工作中,当利用阳离子交换性树脂作定量分析时,对阴离子吸附的能力,总是会有的。

放射性色譜法,开辟了研究土壤中吸附动力学、及研究各种物质运动和分解的新的可能性,无疑地它在农业的理论和实践中具有重要的意义。

在农业土壤学中应用色譜分析的问题,1948 年加朋 (Е. Н. Гапон) [2] 首先提出。加朋及茹帕希娜 (Е. С. Жупахина) [5, 12] 根据各作者的实验数据的理论分析指出:沿土壤剖面交换性阳离子的分布是自然的,特性的色譜。土壤色譜的分析可以找出决定于不同土壤的起源的因素。1948 年我們进行了应用放射性色譜法研究土壤中磷酸离子吸附动力学的第一个試驗。这项研究工作是与上面所講的离子交换动力学的研究紧密相联系的。根据离子交换性氧化铝的試驗可以假設,在富于倍半氧化物 (Al_2O_3 , Fe_2O_3) 的土壤上,例如在紅壤上,磷酸离子以离子交换的形式被吸附。檢驗这个假設并找出在不同土壤的动力学条件下磷酸离子状况是如何的是极有趣的。为了試驗,取得了各种土壤标本。

在長 25, 直徑 5 毫米的玻璃管中,塞滿空气干燥的,具有团粒結構(团粒直徑 1—2 毫米)的土壤。在所有的試驗中,土壤柱的高度为 20 厘米。向所有的柱中注入同量的 NaH_2PO_4 溶液:1 毫升溶液中含有 20 毫克 P_2O_5 。用同位素磷 P^{32} 作为放射性指示剂。由于重力和毛細管力的影响溶液通过土壤而进行滲濾 (просачивание)。当向柱中引入的标记磷酸鹽溶液完全吸收到土壤中去以后,用計数器来研究土壤柱中磷酸离子的最初分布。以后每次以 1 毫升蒸餾水冲洗土壤。各个不同冲洗阶段的磷酸离子的分布也用計数器来研究。用紅壤所做的試驗中,以 1.0N 的 NaOH 来取代被吸附的磷酸离子,因用水不能把磷酸离子从土壤中冲洗下来。还

研究了依次收集的濾液中标記磷酸离子的分布。每种土壤的試驗都进行了二个平行的对照。結果的一致是很令人滿意的。測定的技术也与前面所講的一样。

在所有的柱中，除了紅壤以外，冲洗过程沒能进行到完因为甚至在第5毫升水以后，每厘米柱段的放射性已經很低，而溶液的滲濾进行得很慢，这是因为破坏了团粒結構及土壤分散度的結果。当磷酸离子濃度頗高时，如我們試驗所采取的那樣，在黑鈣土（苏麦），灰化土（奥列霍沃祖耶沃及季米里亞捷夫农学院林場的），灰鈣土（阿卡瓦克）及黃鈣土（沃罗达尔）的柱中，磷酸离子的狀況沒有发现重要的差异。这些土壤的試驗之一的結果如图5所示。

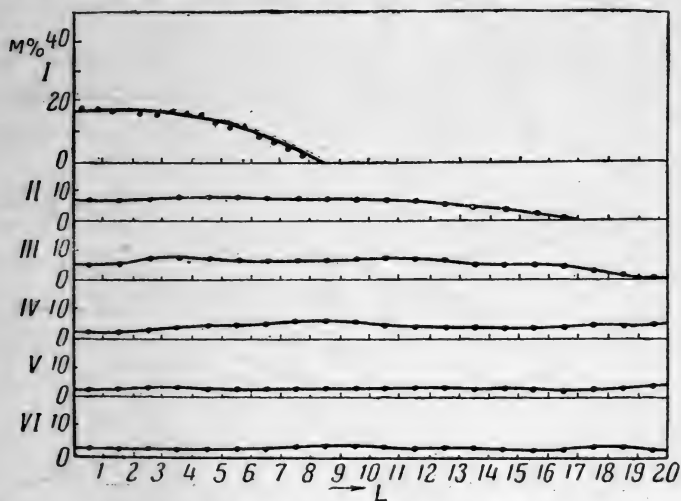


图 5. 灰化土柱中磷酸离子放射性色譜

I—最初放射性色譜； II, III, IV, V, VI—用水（每次1毫升）冲洗柱的放射性色譜

上述土壤的最初放射性色譜表明，当离子比值 $h \gg 1$ 时，被吸附离子的动力学分布曲線与理論曲線最相似（如图3）。冲洗土壤柱磷酸离子最初色譜时，頗大部分的磷酸离子冲洗到下层而后离

开柱而到濾液中去了。所有这些可以証明：为了保証注入柱中的相当大部分的磷酸离子被吸附，取来作試驗的土壤的吸收能力是不够的。

虽然我們不能确定磷酸离子在許多上述土壤上的吸附在动力学上的重要差异，但是，所得到的这些数据毕竟是有些兴趣的。問題在于土壤溶液中磷酸离子濃度很高的情况在自然条件下实际上是可能碰到的。例如，当施用顆粒过磷酸肥料或施以大量肥料于土壤时，可以发生局部的土壤溶液中磷酸离子的濃度很高。我們的試驗証明，在这种情况下，以雨水或用灌溉冲洗这些土壤时，

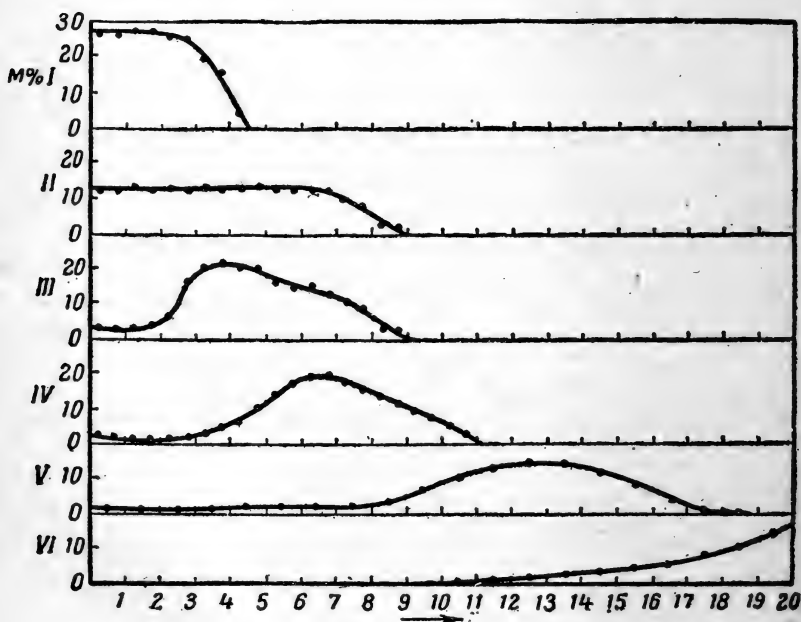


图 6. 紅壤柱的磷酸离子放射性色譜

I—最初色譜； II—用水冲洗柱后放射性色譜； III, IV, V—用 1.0N NaOH 溶液取代磷酸离子时的放射性色譜。向柱中每次注入取代剂 1 毫升

分布在相当深处的,磷酸离子將逐漸被洗刷。繼續的冲洗时,磷酸离子沿土壤剖面大致平均地分布。

用紅壤进行試驗所观察到的完全是另一种情况(图6)。在紅壤(察克汝)柱中磷酸离子牢固地被吸附在柱的上部而且不能用水冲洗掉,但以后很容易地被碱溶液所取代。用紅壤进行的試驗結果与磷酸离子在阴离子交换性氧化铝上交换吸附动力学图解相同(图1)。如果假設,磷酸离子在紅壤上吸附具有交换的特性,那么比較紅壤柱中磷酸离子放射性色譜与理論分布曲綫(图3)証明,在这个試驗中磷酸离子吸附动力学决定于离子比值級数为1及交換常数 $=0.1$ 。

我們用土壤所进行的某些試驗的結果,可以作为說明用放射性色譜法研究土壤中吸附过程动力学的可能性的实例。当然,为了詳尽地研究这个問題,必須更广泛地安排試驗。特別是,研究磷酸离子在低濃度时吸附动力学是极有趣的,可以希望在那些土壤,如黑鈣土、灰化土、灰鈣土、黃鈣土及其他土壤上的离子吸附动力学,表现出重要的差异来。如果在获得标记物質在土壤中的运动途徑和分布的数据时,考虑到工作方法的簡單、消耗時間和劳动較少,那么,放射性色譜法可以在农业化学、农业土壤学、农业土壤改良学中提供最方便最新的研究方法。用地鉗在土壤上开一个洞,沿洞轉动計数管,这样可以用計数器直接在野外研究沿土壤剖面示踪物質的分布,指出这一点是很重要的。

植物中示踪含磷化合物的色譜分离試驗之一,可以作为在生物化学分析中应用放射性色譜法的实例。以生物物理学及生物化学的观点研究含磷化合物的轉化是极有趣的,含磷化合物放射性色譜分析的研究工作,將促进这一領域中研究工作的发展。我們用了磷同位素 P^{32} 作为指示剂。春小麦柳切斯泽斯 062 (Лютесценс 062)植物叶子的水及酒精的抽取液作为色譜分析的对象。放射性磷在形成第一片小叶以后施入营养混合液。在消了毒的,体积为

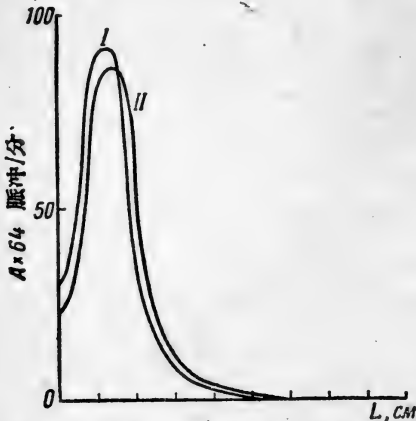


图 7. 春小麦植物水抽取液的含磷化合物柱形放射性色譜
吸附剂—OH-型阴离子交换性树脂 MH;
I—最初放射性色譜; II—用水冲洗柱后的放射性色譜

0.5 升的容器中施入放射性約为 0.1 微居里剂量的标记磷。经过 8 天以后, 將植物摘下, 固定, 干燥, 撕碎。从 0.5 克植物干物质中制备 50 毫升的水抽取液。用带有氢氧离子及醋酸离子的离子交换树脂 H, MH, MMЭH, MГ 及 MMГ-1 来濃縮水抽取液的含磷化合物濃度。

在所有的情况下, 水抽取液的含磷化合物

被吸附在离子交换树脂柱的上层。标记含磷化合物沿柱的分布曲线之一如图 7 所示。被吸附的含磷化合物从 1N HCl 溶液从柱中取代出来。

洗出液的取代曲线如图 8 所示。可以看出, 几乎所有的标记含磷化合物集中在第 6 毫升濾液中。含磷化合物的分离在这些阴离子交换性树脂柱上不能做到, 柱的及液体的放射性色譜

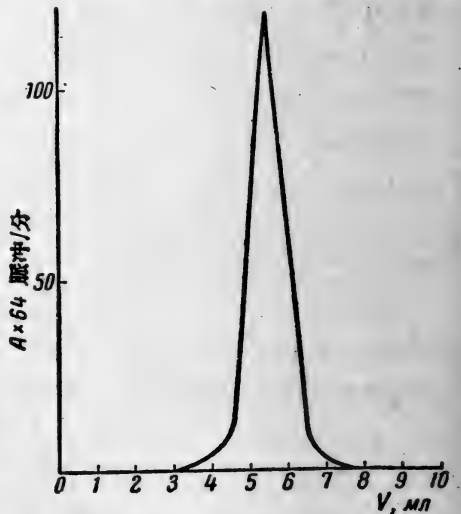


图 8. 用 1N HCl 溶液从 MH 柱取代含磷化合物的液体放射性色譜

都只有一个最高点。

可以利用紙上色譜法来分离含磷化合物。下列溶液作为色譜溶剂是可靠的：

正丁醇——醋酸——水(74:19:50)；

正丁醇——醋酸——水(40:10:50 上相)；正丁醇——正乳酸——水(1:1:1 上相)；以 2*N* HCl 飽和的正丁醇；以水飽和的苯酚。用第 5, 6 及 7 毫升液体色譜层样本进行色层分析。所得到的紙上放射性色譜如图 9。在放射性色譜上明显的黑斑是磷酸离子，很弱的斑点——有机磷化合物。

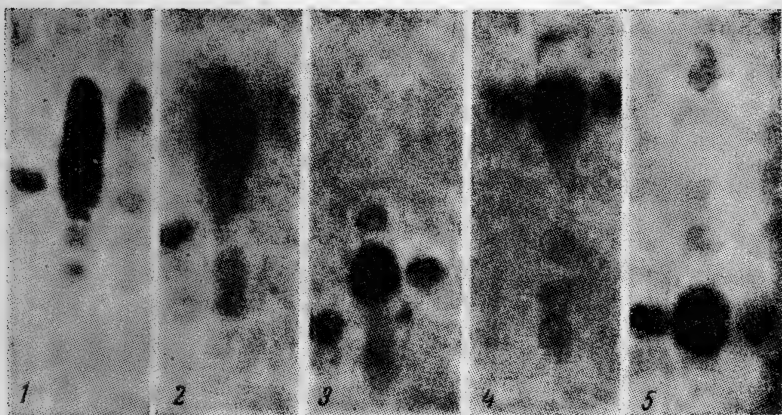


图 9. 春小麦植物水抽取液，用各种色譜溶剂所得到的含磷化合物的紙上放射性色譜
色譜分析样本取自取代的第 5, 6 及 7 毫升濾液(参看图 8) 紙——无灰藍綫濾紙

可見，不同的溶剂具有不同的分离能力。用丁酸——醋酸——水(74:19:50)混合物时所得到的放射性色譜上，显出最大数目的含磷化合物(多于 5)。这样，我們看到，春小麦植物叶子水抽取液中标記磷基本上是以磷酸离子的形式存在的。标記有机磷化合物的含量是极少的。解釋所得到的放射性色譜，并闡明有机磷化合物的組成是一个很复杂的問題，这必須在进一步的工作中解决。

光合作用的問題,无疑的是生物物理学、生物化学及植物生理学的中心問題之一。应用同位素碳 C^{14} 及色譜法开辟了這個問題研究工作的新时代。在現代,放射性色譜法——是研究光合作用最有希望的方法之一。

1952 年在季米里亞捷夫农学院的人造气候实驗室中,开始了碳水化合物代謝产物,特别是光合作用产物的放射性色譜分析的研究工作。

为了用同位素 C^{14} 对光合作用进行試驗,我們設計了特別的裝置。这个裝置基于在密閉小室中,造成一定濃度的标记二氧化碳的原理。为了調节被植物吸收的标记的 CO_2 , 往小室里面放上一个鐘罩式計数管。裝置的方案之一如图 10 所示。

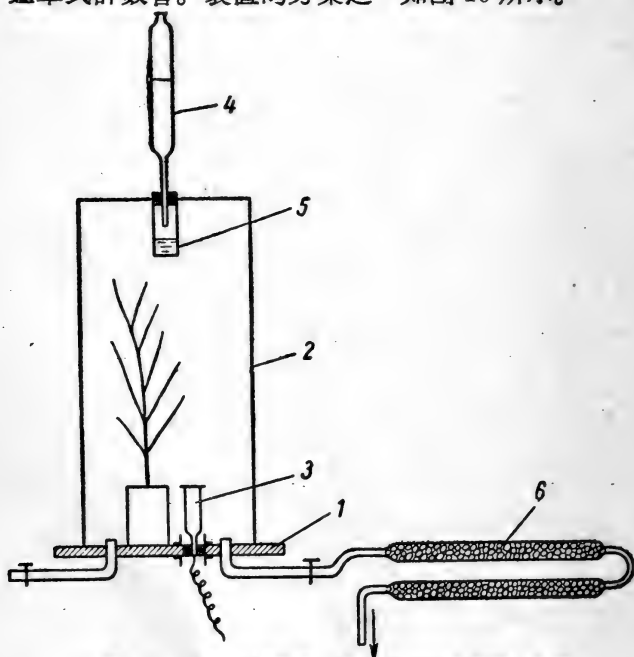


图 10. 应用同位素碳 C^{14} 的光合作用試驗的仪器

1—金属盤; 2—玻璃容器; 3—鐘罩式計数管; 4—裝有硫酸的分液漏斗; 5—裝有 Na_2CO_3 的称量瓶; 6— CO_2 吸收剂

标记二氧化碳直接在有植物的密闭小室中制得。如此,从分液漏斗向放在小室里的、装有 Na_2CO_3 的小瓶中注入过量的硫酸。在每一个容量为 0.5 升的容器中,取培植在半当量的克諾帕 (Кноп) 营养混合液中的,已形成四片成型了的小叶的春小麦柳切斯泽斯 062 植物 10 株来进行試驗。在仪器小室中所造成的 CO_2 濃度約为 1%。在試驗时,用日光灯从上面照射植物。在植物上方平面上的光照强度为 10000 勒克斯 (люкс)。植物在小室中維持 3 小时。这些时候以后,实际上所有标记 CO_2 已被植物吸收。打开小室以后,切下叶子并在細碎状态下用热 96% 乙醇固定。固定物的第一次抽取液倒入符氏 (Вюрц) 瓶中。以后植物性物質用 80% 的乙醇在水浴上,并帶有空气冷凝器在溫度为 $+60$ 到 $+70^\circ$ 时抽取二次。第二次抽取液也倒到符氏瓶中,酒精的蒸餾在真空下及室溫下进行。蒸餾以后所剩下的漿狀物過濾,以濾液着手样本的色譜分析。为了分离光合作用的标记产物,利用二向色譜法 (метод двумерной хроматограммы)。在一張大小为 50×60 平方厘米的濾紙上,加上体积为 0.01 毫升的試液。在試驗中采用了国产的色譜濾紙 1 号, 2 号及 3 号,拉斯克 (Лальская) 高級濾紙,无灰濾紙及煮沸过的羊皮紙。用以水飽和了的苯酚作为第一个移动的溶剂,第二个移动溶剂是正丁醇,正乳酸及水 (1:1:1 上相) 混合物。为了得到紙上色譜,使用前面說到过的柱狀小室^[11]。用連續上升法得到色譜。为了分析放射性色譜,进行了色譜分析后濾紙放在倫琴射綫底片上并保持在它上面到它显出后 14 天为止。在 1 号, 2 号及 3 号紙上得到的色譜最好。放射性色譜之一的照片如图 11。这个放射性色譜表明,在轉入到酒精抽取液中的化合物之中,只有蔗糖,果糖及葡萄糖含有相当量的 C^{14} 。此外,在谷氨酸、苹果酸、絲氨酸、甘氨酸、丙氨酸及其他未确定的化合物中只含有极少量的放射性碳。

我們不能詳尽地分析所得到的結果,因为我們的目的是敘述



图 11. 春小麦植物曝光 3 小时后光合作用产物的
酒精溶液的纸上放射性色谱
1—蔗糖； 2—葡萄糖； 3—果糖

放射性色谱法方法上的可能性。在解决许多生物学问题中广泛采用这种方法将促进生物学和农业的发展。

参考文献

1. Гапон Е. Н. и Гапон Т. Б. 1948. ЖПХ, 21, 937; ЖФХ, 22, 859; 22, 979.
2. Гапон Е. Н. и Черникова Т. Н. 1948. Докл. ВАСХНИЛ, 7, 26.
3. Гапон Е. Н. и Рачинский В. В. 1950. Рефер. докладов совещания по хроматографии 21—24 ноября 1950 г. Изд. АН СССР.
4. Гапон Е. Н. и Рачинский В. В. 1952. Статья в сборн. «Исследования в области хроматографии». Изд. АН СССР.
5. Жупахина Е. С. 1950. Диссертация. ТСХА.
6. Иваненко Д. Д., Рачинский В. В., Гапон Т. Б. и Гапон Е. Н. 1948. Докл. АН СССР, 60, № 7, 1189.
7. Рабинович Е. 1951. Фотосинтез, том 1. Изд. ИЛ (см. приложения)
8. Рачинский В. В. 1950. Успехи химии, 19, 445.
9. Рачинский В. В. 1951. Успехи современной биологии, 31, 376.
10. Рачинский В. В. 1953. Известия ТСХА, 2 (3), 193.
11. Рачинский В. В., Князатова Е. И. и Кравцова Б. Е. 1952. Биохимия, 17, № 5, 551.
12. Рачинский В. В. и Гапон Т. Б. 1953. Хроматография в биологии. Изд. АН СССР.
13. Хроматографический метод разделения ионов, сборник статей. 1949. Изд. ИЛ.
14. Benson A., Bossham I., Calvin M., Goodall F., Hoas V. a. Stepka W. 1950. Jour. Amer. Chem. Soc., 72, 1710.
15. Borsook H., Deasy C. L., Hoagen-Smit A. I., Keighley G. Lowy P. H. 1948. Jour. Biol. Chem., 173, 424.
16. Calvin M. a. Benson A. 1949. Science, 10, 170.
17. Calvin M., Bossham J. a. Benson A. 1950. Federation Proceedings, 9, 2.
18. Fink R. M., Dent C. E. a. Fink K. 1947. Nature, 160, 801.
19. Fink K. a. Fink R. M. 1948. Science, 108, 358.
20. Fink M. a. Fink K. 1948. Science, 107, 253.
21. Keston A. S., Idenfried S. a. Lewr M. 1947. Jour. Amer. Chem. Soc., 69, 3151.
22. Leifer E., Roth L. I. a. Kempelmann L. H. 1948. Science, 108, 748.
23. Stepka W., Benson A. a. Calvin M. 1948. Science, 108, 304.
24. Tomarelli R. M. a. Florey K. 1948. Science, 107, 630.

[沈其丰译. 作者: В. В. Рачинский. 原题: Радиохроматографический метод и его значение для агро-биологии.]

当紫外、紅外射綫和高頻电場对有机 体作用时血液电属性的动力学特征

В. К. 德卡齐 И. И. 普里荷希

(烏克蘭劳动卫生和职业病中心研究所, 哈尔科夫国立高尔基大学)

I

在外界环境因素的影响之下, 在有机体内所发生的变化, 应该在作为整个机体机能状态基础的代謝过程的变化中和在有机体的組織和媒質的状态和特性的变化中得到反应。这个变化是外界环境和有机体互相作用的结果, 对它的研究为生物物理方法开辟了广闊的領域。

基本的問題之一是关于在农业經營, 医学和工业中应用得越来越多的各种射綫能量的作用机构(和定射綫剂量)。由于甚至当給予有机体同样物理剂量的能量时, 所得到反应的性質和数量也随它的机能状态的变化而变化, 这样就使得正确測定剂量和解釋它的作用机构变得复杂了。

因此, 除了要制定測射綫剂量的物理方法之外, 还必须找出能評定有机体对某种射綫的反作用的生物特征和生物測驗。生物学測驗和生理学反作用虽然不能穷尽在有机体内由于射綫影响而发生的变化总体和特征, 但它使得我們能够拟定一些方法去制定射綫能量的生物学指标方法和測剂量方法并使我們將來能繼續接近去解釋在射綫能量影响下在有机体内所发生的分子变化的某些方面。由于这个原因, 在这个报告中我要闡述在关于用紫外射綫, 紅

外射綫和高頻电場对狗的有机体作用的生物物理研究的結果中所获得的实验材料。

根据研究,以下的見解已經被肯定。显然,在任何的物質变化中,随着在某种形式物質中所进行的过程而变化的电性力起着很大的作用。因此当物質很小的結構,性質和成分发生甚至微不足道的改变时也常常会在它的电学性質的改变中引起显著的反应。在研究有机体中的(在不同状态下)某种媒質的电特性时,我們必需把它孤立起来。因此必須注意到,由有机体取出生物液体,器官和組織时(例如血液)就不可避免地要使它的状态发生或多或少的改变。而引起的疼痛感觉也会引起材料数量的改变或者同时两种改变都发生。从有机体内取出被研究物質以后,在这个物質中立刻就开始了一些質变的过程,它們时常是很迅速地消除了我們感兴趣的兴奋剂对有机体的作用引起的特征。因而,所采用的研究方法應該保証能够在將所需物質从有机体内取出后在尽可能短的时间之内进行分析。特別希望的是測量方法,定量研究和測量仪器对于不仅是物理專家而且是对較广大的研究者和实际工作者都是容易了解的。

我們(B. K. 德卡齐)已經制定了若干研究液体生物媒質电特性的独特方法。为了减少研究所必需的媒質数量,曾决定不去測定整个媒質而是去測定它們在极性溶剂(例如水)中的溶液的电学性質。在溶剂內加入液态生物媒質,我們就造成了一种条件使媒質的分子和离子和溶剂发生非常复杂而剧烈的互相作用。因为这时被研究的媒質也进行分解过程,所以很自然的难于期望溶液的电学特性不随時間而变。这个情况証明了在这样的情况下用动力学計算的方法来研究电学特性是适当的。并且研究被观察物質的动力学指标使得我們可以不必注意去測定媒質电参数的绝对值,这种測定在很多情况下是非常复杂的实验問題。

根据动力学特征可以建立一些指标,它們能够确定在被观察

媒質中所发生的变化，同时能够简化实验方法和简化所获得材料的数量加工。

在这个报告中引用了一小部分材料，这些材料是在试验能确定血液溶液电动力特征并能确定在射线影响下有机体反应的指示的一种方法时所获得的。

溶解象血液这样复杂的复合物时，最后的平衡状态不可能立刻地和按照有机体状态变化同样的规律达到。事实上，实验的检验指出，血液或脑脊液溶液的电参数变化需要经过若干小时。然而测量它们的仪器却必需具有很高的灵敏度。例如，为了测量充满试验媒質的电容器的容量，测量设备应该能定出百分之一和千分之一微微法拉的变化。

既然动力学指标的获得需要很長久的時間，而电学性质的变化又是非常小，我们就按照某些不同的方法来进行工作。这个方法的特点在于用一定溶液在一定的温度間隔內冷却的过程中来测定被测电容器的高频导电率和复数电容的方法来获得被观察溶液的动力学指标。根据从有机体取出媒質并溶解于极性媒質后经过严格确定的時間所得到的很多数值就可以获得动力学指标。在这个情况下，溶液电参数随时间的变化遵照一般的指数关系：

$$\sigma = \sigma_0 e^{-K\tau}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 e^{-K\tau},$$

此处 σ ——电导率，而 ε ——被观察媒質的复介电常数。 K 是温度和在血液溶液中进行的极其复杂的过程的函数。在确定的温度間隔內 K 的数值能够反映出在被观察媒質中的离子的——分子的变化。

在简单的和恒定的离子溶液中，例如 KCl 或 $NaCl$ ，在同样的温度間隔內冷却时 σ 和 ε 的改变遵从指数关系。然而在血液的情况下就不能假定，离子的数目，蛋白质极性集团的大小和数目，血液的离子和分子和溶剂之間相互作用的特性总是恒定的和与有机

体状态的变化无关的。因此在确定的温度間隔內冷却溶液时，电参数随时间的变化应该在某种程度上反映出由于某种射綫对有机体作用而在血液和蛋白質結構中所引起的变化。同时永远可以选择这样的冷却条件，使得当电参数变化有較大的数值时在 30—50 分鐘內能够获得动力学指标，这时所要求的测量仪器可以較为不灵敏。

图 1 中一典型实验曲线它表示出血液溶液电学指标的变化过程。图中縱軸表示

充滿血液溶液（10 立方厘米水中有 0.6 立方厘米血液）的被测电容器的电容数值，以微微法拉表示，而橫軸为以分表示的时间。曲线反映出当溶液冷却 1° 时含溶液电容器电容减小的速度。根据这个图解可以建立能以某种方式反映出在溶液中所进行的过程的指标。这些指标是：a) 电参数变化

的持續时间，b) 把所得到的指数关系画在半对数比例图上以后所算出的动力常数 K ，B) 被测电学量的变化速度。我們所确定的仅仅是电容量变化的平均速度。

我們可以这样計算平均速度，即以电容器的变化除以在其中

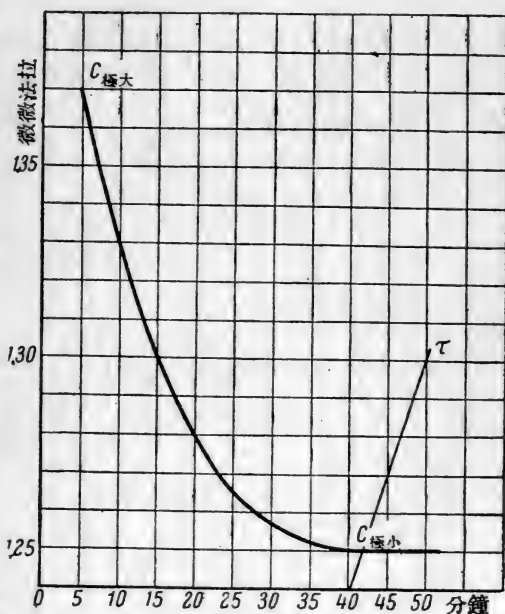


图 1. 血液溶液的电特性变化曲线

观察其变化的时间，即 $\bar{V}_{cp} = \frac{\Delta C}{\Delta t}$ 。我们发现如果被观察物质是由遭受到射线作用的有机体内取出的，则无论是速度，电容量变化量以及过程的持续时间都不是不变的，相反，如果未受照射的动物的饲养和保育的条件不变则它们几乎是恒量。

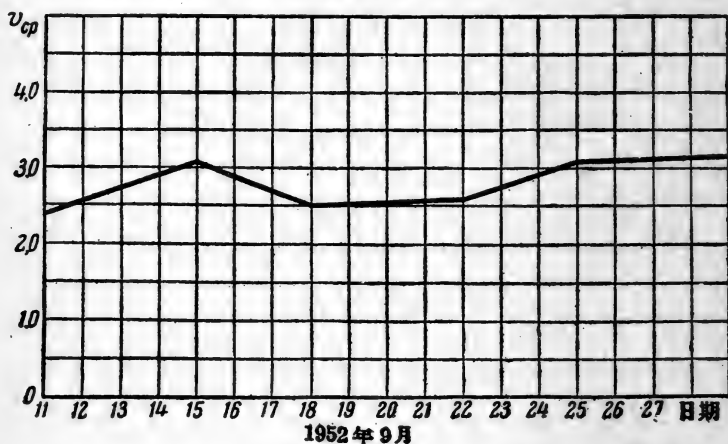


图 2. 含狗血液的电容器电容变化的平均速度

II

在紫外射线作用下狗血液电学特性的动力学

可以把研究在紫外射线作用下狗血液电学性质的动力学特点的一系列实验分为两类。第一类实验是研究 ПРК-2 水银-石英灯所发射的整个紫外射线能流的不同物理剂量对动物的影响。第二类实验是研究波长为 2540 \AA 的短波紫外射线对狗的影响。假如在第一类实验中动物在受到紫外射线同时还受到或大或小强度的热影响，那末在短波的照射下实际上热作用就不存在了。

作为一个典型的例子，让我们看一个狗的实验。（对于其他三

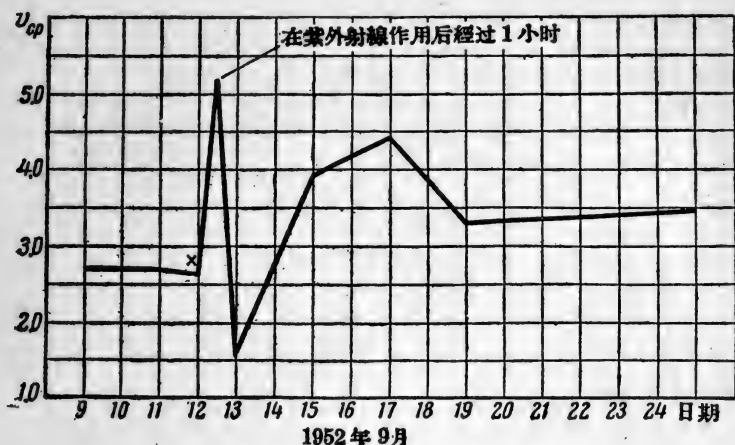


图 3. 含有被紫外射綫照射过的狗的血液的电容器电容变化平均速度

个狗所进行的实验都得到相类似的结果)。在图 3 中所表示的是含有狗血液的电容器的电容变化平均速度曲线，这个狗遭受过紫外射綫整个能流的一次作用。能量的剂量由动物离水银-石英灯的距离和作用时间决定。在所给的情况中离灯头的距离为 35 厘米，而曝光时间为 50 秒。在纵轴上是平均速度的数值，以 $\frac{\text{微微法拉}}{\text{秒}}$

$\times 10^{-3}$ 为单位，而横轴上为实验日数。叉号指出紫外射綫作用。在这个符号的左边曲线部分是紫外射綫作用以前的平均速度数值，把它作为血液电特性的特征对比。如图中所示，在作用后经过 1 小时平均速度增加了，这个指出血液电特性的某种变化。在第二天速度减低了，而在以后的几天中又逐渐地增加并保持在比以前更高的水平上。

在其他的(较小的)剂量之下获得了类似的曲线，它们的区别仅在于平均速度变化的范围比较小。剂量的增加引起曲线特性很大的改变。在图 4 中所示的含有同一只狗的血液的电容器电容变

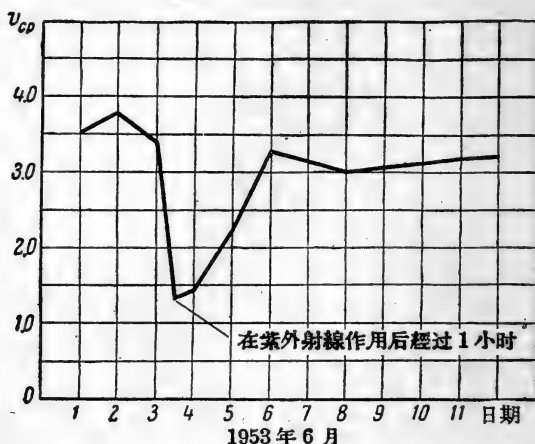


图 4. 含有在紫外射线照射后的狗的血液的电容变化平均速度

化平均速度曲线，这只狗曾在距水银-石英灯 15 厘米处受到紫外射线全部能流的一次 30 分钟作用。在这个情形中水银-石英灯的热辐射强度是 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米分}}$ （在叙述到红外线对狗的作用的实验时还必需再说到这个实验）。在图中可以看出，在所给剂量的紫外射线作用 1 小时后平均速度大大地减少了；在第二天它大致上停留在同样的水平上，而后逐渐地达到出发时的数值。较大的剂量使得平均速度恢复到开始的数值还要更慢些。比较第 3 图与第 4 图就可以看出，紫外射线整个能流的不同剂量给予被测电容器电容变化平均速度曲线以不同特性。

在图 5 中所示的是当电容器中含有受过不同剂量的短波紫外射线一次照射后的同一只狗的血液时，其电容量变化的平均速度。（图 5a 中动物离灯距离 35 厘米，作用时间 30 分钟；图 5b 中距离 15 厘米，作用时间 30 分钟）。比较这些图就可以看出，曲线的特性随紫外射线剂量的数值而变。在较小的剂量作用以后，平均速

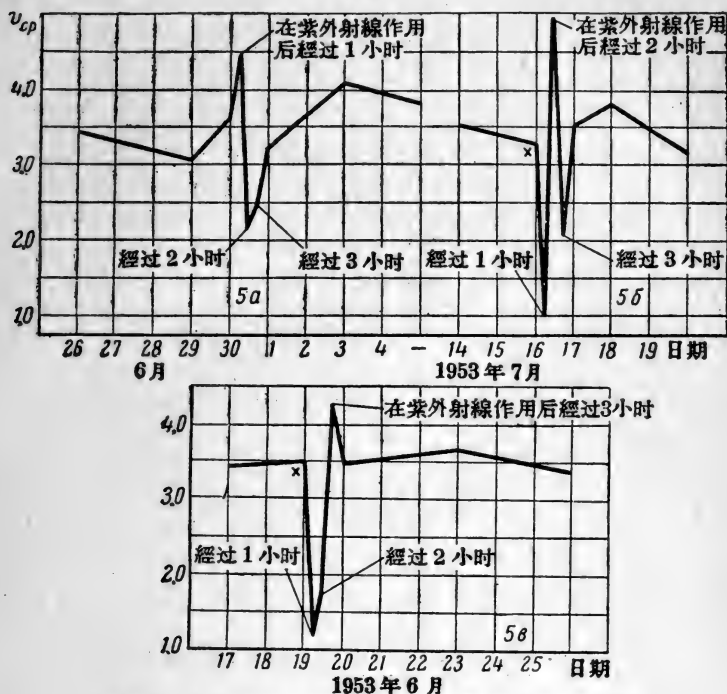


图 5. 含有在短波紫外射綫的不同剂量作用后的狗的血液的电容器电容变化平均速度

度永远呈现出增长 (图 5a); 当剂量超过某一临界值时就使得平均速度减小 (图 5b 和 5c)。并且, 剂量越大, 平均速度维持在低数值的时间期限就越长。研究的结果指出, 用上叙的方法能够在某种程度上接近去解决关于紫外射綫的最大剂量和可容许剂量问题。当然, 为了最终的判定还要求继续的实验研究。

III

在紅外射綫的作用下狗血液电特性的动力学

查明在紅外射綫作用下血液动力指标的变化和由紫外射綫所

引起的变化有多少不同是很有趣味的。为了这个目的用不同的狗在强度为 0.5 和 $0.1 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫的一次作用下进行了 12 个实验。所有实验的结果都相类似，因此我们仅仅只观察一个研究的材料。在图 6 中是含有实验狗血液的一个被测电容器电容

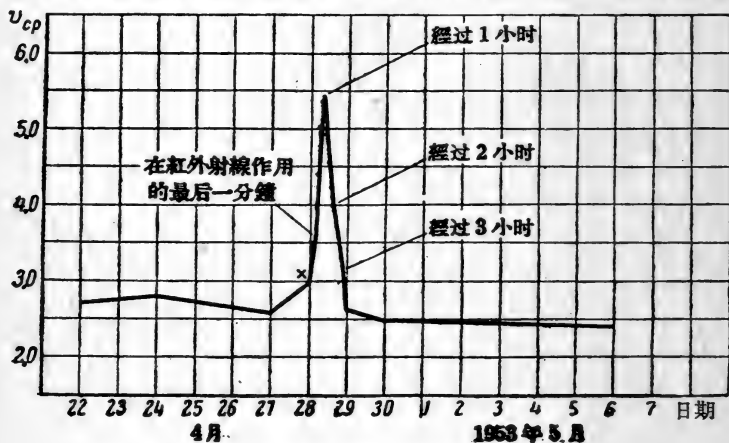


图 6. 含有在紅外射綫作用后的狗的血液的电容器电容变化平均速度

变化平均速度，血液是在 30 分鐘內的 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫剂量下获得的。由图中看出在作用的一分鐘以后平均速度已经开始增長。经过 1 小时它达到最大值，而在其后的 2 小时中又减低。在实验后的第二日中平均速度恢复到变化前的数值，并且以后的日子里都停留在这个水平上。比較图 6 和图 4，就可以相信，在强度为 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫影响下所观察到的血液动力学指标的变化特性是不同于由具有同样热作用 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紫外射綫整个能流所引起的变化。在图 5a 及图 5b 中表示的是在

实际上沒有热效应的短波紫外射綫 ($\lambda = 2540\text{\AA}$) 作用下平均速度的变化, 把它和图 6 相比較, 这个不同就更为明显。

IV

在高频 ($f = 3 \times 10^7$ 赫芝) 电流的电場作用下 狗血液电特性的动力学

为了可能更完全地消除高频电場的热作用, 发生器的条件应该这样选择, 即用这个发生器时无论是皮肤或直腸的溫度(測量精确到 0.1°C) 在 1 小时的电場作用下并不升高。在发电机条件不变的情形下, 动物在三个間断的时间內—10 分, 20 分及 1 小时受到場的作用。在图 7a, 6 中所示的曲綫表示出在所定的三个時間的曝光之下平均速度的变化特性。由图上看, 在所有的情况中都观察到电容量变化平均速度的减小。而且在不同剂量作用之后, 平均速度也各不相同。在 1 小时的場作用下速度的变化最大, 在

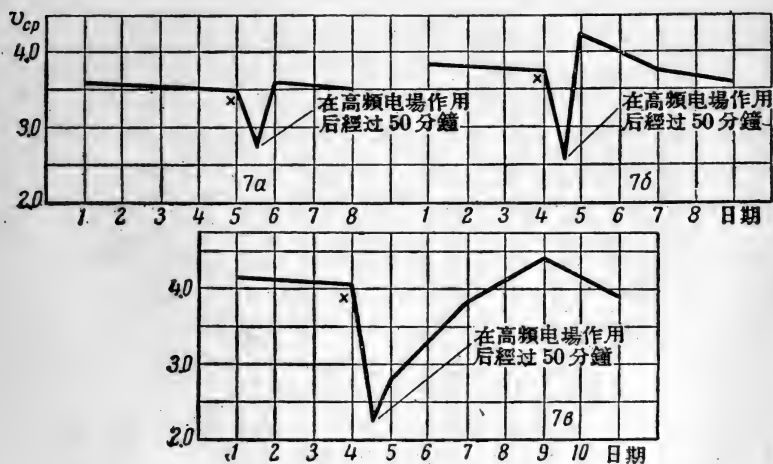


图 7. 含有在高频电場作用后的狗的血液的电容器电容变化平均速度

10 分鐘的作用下最小。在 1 小时作用的情况下速度恢复到起始的数值要经过若干天 (图 76)。并不排除这样的可能性, 即当改变剂量条件时, 在某种程度上呈现出高频场作用的不同影响。

为了研究在场作用之后血液的动力学指标已经进行过 22 个实验。在所得到的速度变化特性中没有发现例外的情形。

V

狗血液电特性动力学的条件——反射的变化

把有机体看成一个统一整体的概念允许我们假定, 在象射线能量这种外界媒质因素的作用之下所发生的变化应该和有机体组织和生物媒质 (特别是血液中) 中的分子变化紧密地联系着, 并且应该在神经系统的控制之下发生。因此阐明中枢神经系统 (特别是大脑半球皮层) 对于动力学特征的作用是有趣味的, 这些特征正如我们所想的那样在某种程度上反映了当有机体受射线能量的作用时在血液中所发生的分子变化的某些方面。

观察上叙实验用狗的血液动力学指标时发现, 在射线能量对动物的若干个一次作用以后 (甚至当作用不是每天进行而是隔 2—3 天一次) 只要重复实验环境也同样会引起动力学指标发生象有射线能量作用时一样的变化。关于这个已经进行了一些特别的实验来研究狗在条件刺激下暂时联系的形成。作为条件刺激的, 除了重复实验环境以外, 还在动物眼前使用了点燃的电灯泡。射线能量是无条件刺激。在图 8 中是含有一只实验用狗血液的电容器电容变化平均速度, 这个狗在三天中不断地遭受到每天一次的紫外射线整个能流的作用。动物离灯头的距离是 35 厘米, 作用时间是 45 分钟。在每次作用开始的 5 秒钟之前, 在动物眼前点燃电灯泡 (40 瓦特) 1 分钟。如图中所示, 由于紫外射线的作用, 在每一次作用后 1 小时平均速度就比开始的数值增加了。在三次作用以后, 在重复实验环境时点燃灯泡就引起平均速度的增加。并且随同

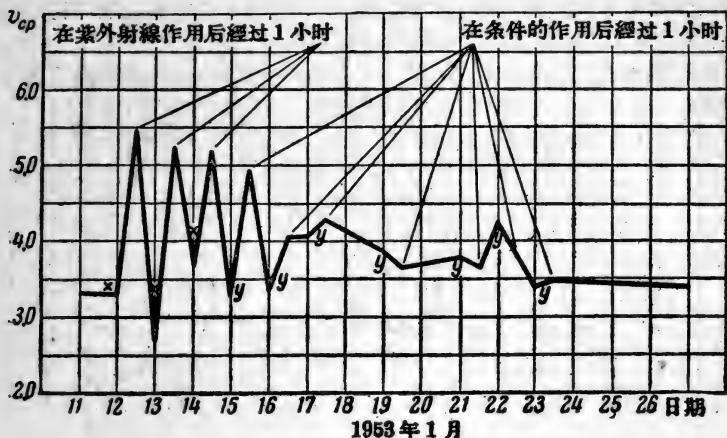


图 8. 在建立对紫外射綫条件反射的前后含
狗血液的电容器电容变化平均速度

相繼的每一次沒有紫外射綫作用配合的条件作用，速度增長的幅度逐漸减小(图 8)：条件反射在消失。很多同样实验的結果使得我們有根据去假定，在这个情形下是的确存在着动力学特性变化的条件反射的。也进行过利用紅外射綫作为无条件刺激剂的类似实验。在图 9 中的平均速度变化曲綫是在連續 4 天中每天一次强度为 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫作用的影响下获得的。每次作用是 30 分鐘。在无条件刺激的 5 秒鐘之前在动物的眼前点燃电灯泡 (40 瓦特) 1 分鐘。如图中所示在每次紅外射綫无条件刺激的 1 小时后都引起平均速度的增長。由图 9 看出，在 4 次有无条件刺激的配合的条件刺激以后，在实验环境重复时点燃灯泡同样也引起速度的增加。在这个情形中，如象在紫外射綫作用的情形中一样，当沒有无条件刺激配合条件刺激时，条件反射很快地趋于消失。特別进行的实验(对不同狗的 10 次实验)指出，为了建立起血液电特性动力学的热效条件反射，应该以无条件刺激配合条件刺激不

少于 3 次。2 次的配合没有在任何情形中产生过作用。

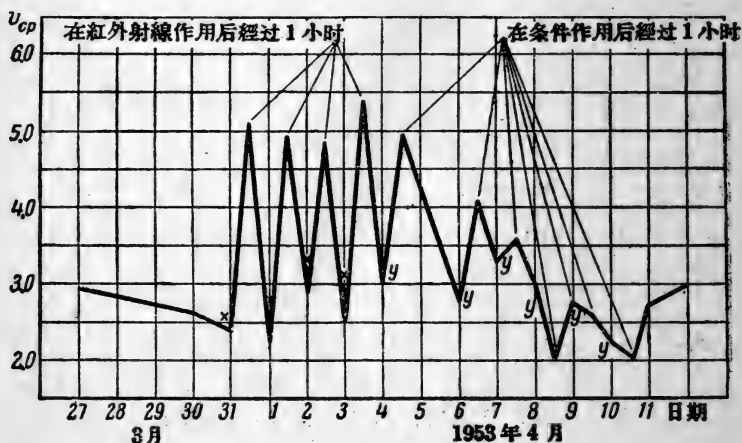


图 9. 在建立对红外线条件反射的前后含狗血液的电容器电容变化平均速度

强度 1 $\frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 照射 30 分钟的红外线剂量对狗的作用

引起特殊的兴趣。动物可以很好的忍受这个剂量的一次照射。然而照射的重复显出对于狗远非没有影响。譬如，曾用燃烧电灯泡来对一只实验用狗建立热条件反射。经过每天一次相继的四次配合作用之后，条件反射并未建立起来。在照射时间内观察到动物不安静的行动。在若干日以后又重复过这个实验。在第二次作用时，动物已经是如此不安以致实验很困难地进行到终了，在第三天，在作用的第 5 分钟时，狗突然尖叫着离开位置，开始用牙齿咬嚼机床，四足向上翻滚，垂挂在曳索上。照射就被中断，其后狗也就安静下来。这个无疑的表示出动物神经的破坏，这个破坏以后也同样地表现在动力学指标变化在热作用下的反常的反应中（当平均速度应该增加时，观察到它的降低）。由此这个狗停止了实验一个半月。在这个情形中狗所发生的神经性发热可以用 И. П. 巴

甫洛夫的学說解釋。一方面，强度 $1 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫照射 30 分鐘这样强的刺激作用使用了若干次之后能够引起破坏，而另一方面，在大腦皮层中两个过程的互相冲突——在紅外射綫作用影响下的激奋和保护性的抑制，也可能同样的能够导致神經作用的破坏。显然，在該种情况下狗的神經性发热的发展是这两个原因的結果。根据所敘，可以得到这样的結論，即多次使用强度为 $1 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 照射时间为 30 分鐘的紅外射綫剂量对于狗是超过限度的。在一个半月的休息之后，这个狗又用来进行实验。这一次它遭受到每天一次强度小一倍即 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 时间为 30 分鐘的紅外射綫。虽然連續进行了 5 天照射，狗都处于完全的宁靜状态并且在每一次作用时給出正常的反应。条件刺激(灯泡)和无条件刺激的配合造成了动力学指标变化的条件反射，它在沒有繼續配合的情形下又很快的消失掉。

因此，对狗來說，在强度为 $0.5 \frac{\text{毫卡}}{\text{平方厘米-分}}$ 的紅外射綫剂量照射之下是完全可容許的。所引的材料指出也可以由估計实验用狗的血液电特性动力学变化的无条件变化和条件反射变化方面来研究如何决定紅外射綫的剂量。

我們在利用高频电磁場作为无条件刺激时也获得了血液动力学指标的条件反射性变化。

所敘的变化是在不同光譜組成和剂量的射綫能量对有机体作用之下，在血液中所发生的复杂分子过程的某种反映。所获得的材料証明了在研究关于定射綫能量剂量和解釋它的作用機構的分子生物物理学問題时利用电动力学方法是适宜的。

[周綺云譯。作者：В. К. Ткач и И. И. Прихожий。原題：Особенности кинетики электрических свойств крови при действии на организм ультрафиолетовых, инфракрасных лучей и полей высокой частоты。]

关于采用在反常吸收区域内測量电介質耗損的方法来确定食物产品質量的可能性

H. A. 阿拉德扎洛娃

(苏联科学院生物物理学研究所)

食品工业非常需要能确定食物产品質量的精細方法。在儲存的食物中所发生的初期变化的征象應該預告出那些已經开始发生，但还远未达到使食物成为不能使用的变化。能愈早地确定在产品中开始发生了而以后会导致产品的破坏的变化的時間，就愈能合理地解决关于它們往后的儲存或加工的条件及是否适宜的問題。五官感觉所确定的，一般是已經是比較厉害的腐坏，到了这种情形下，产品不仅已不适于儲存，而且往往也不适于使用，或者需要立刻銷售掉。

由于蛋白質物質構成的极端复杂，所以要确定蛋白質基質的細微变化是比較困难的。蛋白質基質的狀態依賴于分布在蛋白質分子上多縮氨酸末端鍵中的氨基酸根的物理化学活潑性，也依賴于微膠粒組成之間的橫的化学联系等等。同时蛋白質基質的狀態也与蛋白質分子及个别集团的极性，与同介質离子的相互作用力有关。改变极性和分子联系，能引起蛋白質粒子集团狀態各种情形的破坏，和引起結構的改变。

在儲存冰冻产品时，在較短的时期以后就已經在开始改变它的物理化学性質了，但是产品在長期的低溫儲藏之下，蛋白質都不会发生分解^[1]。查明肉类損坏征象的方法之一就是測定导电性的方法。但是这个方法不能滿足早期确定产品質量的要求，因为一

般用直流电或某一种频率的交流电所确定的导电性，由于很多原因，不直接地与所研究标本的质量有关(例如含水量及其他因素)。某些物理研究方法对于蛋白质基質的某些細微变化极其敏感，研究物質的电介質耗損对于通过它的交流电频率的依賴性就是这些方法中的一个。某种物質，或由这种物質人工制成的膠狀溶液的电气特性能够指出蛋白质分子状态的最細微的構造变化^[2]。

在电容器的极板之間放上有极性分子的物質，并在两板間加上电场，这样就决定了通过电容器的电流强度及方向。

在这样的电容器中，交变电压不仅造成电容电流(емкостный ток)而且造成有功电流(активный ток)。有功电流是和电介質因产生热量而消耗能量有关的。有功电流和电容电流的比值决定电的耗損角 $\text{tg } \delta$ 。它可由图 1a 中的向量图来

闡明，此处 $\text{tg } \delta = \frac{ia}{ir}$ 。

在空气中的电容器中，电流 I 和电压 U 中間的相角差为 90° ，在含有被試驗标本的电容器中，相角差減了 δ 。电介質耗損依賴于加上外电场后在电容器中所引起的

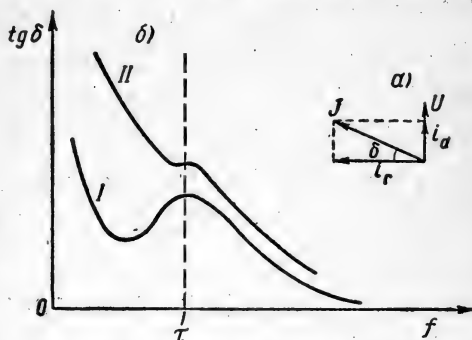


图 1. 电介質耗損和频率关系的理論曲綫
物質导电性在第二情形中較第一情形为大

不同的极化状态，例如依賴于热离子的极化，取向极化和形成体电荷等。在标本內的有功电流是由上叙的各种极化和直接的傳导电流相加而成的。显然，电介質耗損角和在标本中所进行的全部过程有关。至于那一种过程占优势則不仅决定于标本的特性而且要决定于所加电压的频率。因此 $\text{tg } \delta$ 是一个强烈地依賴于交流电频率的参数。它和频率的关系則与物質的構造有关。在图 16 中表

示了含极性分子物质的 $\text{tg } \delta$ 值和交流电频率之间的关系(曲线1)。当频率很低并且物质有显著导电性的时候, $\text{tg } \delta$ 随频率的增加而减小。在一定的频率区域内, $\text{tg } \delta$ 经过一个极大值, 频率再继续增加时, $\text{tg } \delta$ 又减小。出现电介质耗损极大值的区域, 即吸收外电场能量的极大值的反常吸收区域, 是由于构造单元的转动取向而造成的, 并且依赖于这些构造单元的松弛时间 τ 。松弛时间就是分子由它的最初位置改变它的取向的 $\frac{1}{2.7}$ 所需的时间。松弛时间依赖于取向的综合体的大小和热运动的能量。曲线 $\text{tg } \delta = \varphi(f)$ 在外加电场的週期和取向单元的松弛时间相等时达到极大值。如果改变这个沿外电场取向的单元的大小和极性, 则不可避免地会引起电介质耗损的频率曲线上极大值的移动。改变物质的湿度和含盐量时, 假使它不引起构造的变化, 则仅仅只会影响曲线的形状(影响直接的传导电流)而不改变极大值的频率^[3]。在图 16 中曲线 II 相当于高湿度——导电性大大地增加了。过程的松弛时间和温度有关, $\text{tg } \delta$ 也随温度而变化。如能除去温度对于 $\text{tg } \delta$ 的影响, 则有助于更接近的测定松弛单元的大小和极性, 以及它和周围物质的相互作用。

一个复杂聚合系统的电介质耗损曲线是由许多消耗曲线合成的, 其中的每一个曲线表征一个单独的松弛机构, 综合的电介质耗损曲线使聚合系统有很宽的反常耗损区域和许多极大值。

这个频率区是由聚合分子区域性的能动性, 它们和邻近相的相互作用, 极性集团或与聚合分子化学地联系着的原子团的取向能动性来决定的。对于含有极性分子的滞性液体(重油, 树脂)和一些线性聚合物(各种橡皮), 松弛性消耗因子的极大值出现在比较低的频率中。聚合系统电耗损的研究花费了大量的工作, 这些工作有助于了解温度, 延伸, 补充塑性物质, 浓度的变化等等对于它结构的影响。对蛋白质溶液的研究能得到关于分子大小和极

性的知識。我們認為，利用这个方法同样有可能去进行食物产品中分子过程的研究，并且增加我們对于儲藏着的食品中的分子变化的知識。显然，这个方法同样地能够作为食物产品中蛋白質状态的指示剂。这个已由我們所完成的一些实验所証实。

图 2 是一个为了取得标本的頻率特性的测量裝置图解。标本放在电容器的銀电极板之間。这个电容器的电阻和电容可以在电桥綫路上用互相并联着的标准电阻和电容的补偿法来測定。当阴极示波器屏上显出直綫时表示平衡。耗損角由測量值按公式

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{2\pi f RC}$$

来計算，其中 f ——交流电頻率； R ——电阻； C ——电容。

为了提高这个裝置的灵敏度，在电桥和示波器之間联結一个能用于寬广頻率段的放大器。供給測量电桥以电压的交变电源的頻率范围應該包括呈現电介質耗損的頻率特性的极大值的頻率。为了避免方法上的錯誤，应以一个已知頻率的电阻-电容試件来代替被测标本，把它联接在測量仪器上，以用这个方法来精細地审查其頻率特性。

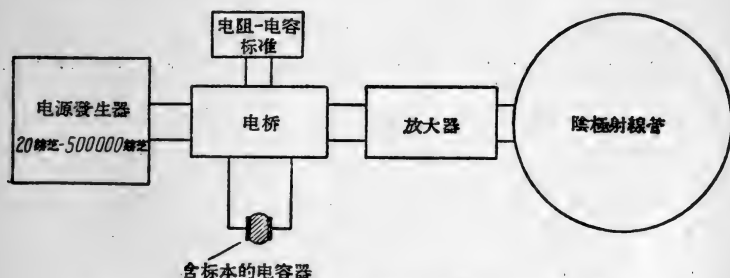


图 2. 用来取得电介質耗損角对頻率的依賴性的測量裝置总图

具有巨型分子集团的結構，耗損极大值出現在低頻区域。例如，在图 3, 4, 5 中就是我們和馬斯洛夫 (H. M. Маслов) 共同得

到的肉类（骨骼的肌肉組織）及燻猪沙拉的耗損角对频率的依赖性。这个标本的反常吸收区域是在低频范围内，这样相当大地便利了测量装置的构成。某些食物产品的反常吸收可能在较高的频率区域，但是使温度降低就能使这个区域向较低频率的方向移动。在图 3, A 中，是从屠宰后在低温下储藏了八晝夜的肉类的频率依赖性，在图 3, B 中是同样的标本，但是储藏了 30 晝夜。由图 3 可以看出，在肉类的储藏期间内其中已发生了很大的分子变化。反常

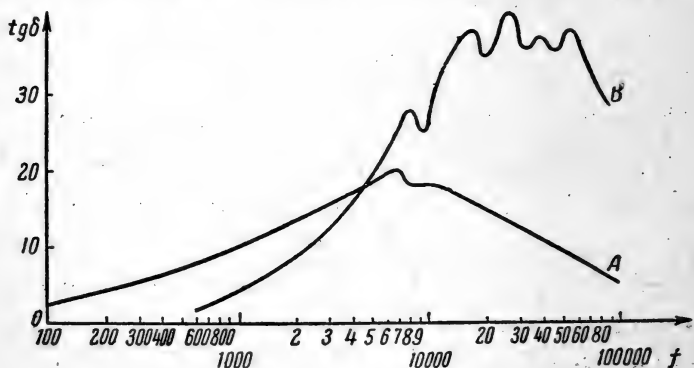


图 3. 肉类的反常吸收区域
A 和 B 相当于第 8 晝夜的贮存期

吸收区域向高频率方向的移动就能说明蛋白质综合体的结构已开始变化。图 4 绘出的曲线族是根据同一块肉每一晝夜内频率依赖性的改变而画成的。图 4 指出，在这样的储藏条件下，标本所发生的变化在第 3 晝夜到第 5 晝夜的期间内特别剧烈。

我们还没有对食物产品的电介质耗损进行过系统的研究，因此，应该把我们所引用的数据看作仅仅是大体上的近似。我们利用反常吸收的方法研究了肌肉收缩的理论方面的问题。我们从肌肉收缩的研究中所得到的实验结果指出，肌肉收缩或它的紧张度的改变可引起在肌肉的耗损角频率曲线极大值的移动。可逆性

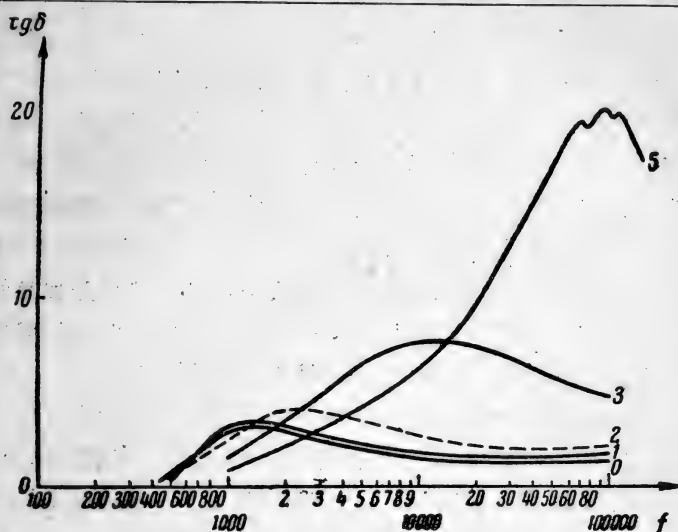


图 4. 肉类的反常吸收区域

0, 1, 2, 3 和 5 相当于由开始屠宰后经过 1, 2, 3 和 5 晝夜

的膠体的变化已經反映在曲綫的形狀上。在这个基础上我們可以預測, 在反常吸收区域确定电耗損的方法, 能够作为肌肉組織中細微的分子变化的一个指示。

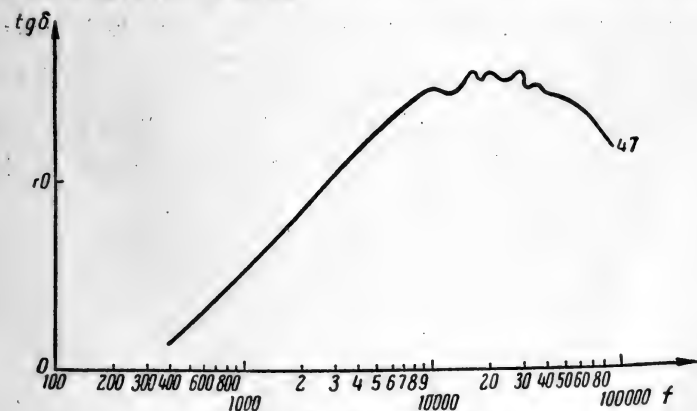


图 5. 燻沙拉的反常吸收区域

在实际上,由于标本的不均匀性,使得在估计数量的变化时遇到一定的困难。为了研究某种因素的影响,例如产品的加工或储藏方法对它结构的影响,研究者应该采用在同样条件下的同样肉类,从而得到完全可以比较的结果。然而在肉类工厂中,对于不同种类的肉类,应该不直接用肉而用由肉类粉末制成的浸出液或悬浮液来进行频率曲线的分析。悬浮物质的研究也有理论上的趣味,因为它可以应用马克士威的关于有极性粒子的悬浮物质的导电性的方程式。悬浮物质在反常吸收区域中的频率曲线使得能获得关于分子变化的数值和特性的更精确的观念。

在反常吸收区域确定电介质耗损的方法能够指出在蛋白质构造中已经开始进行了的变化。这个指示可能比五官感觉的要早些。这就给予可能性去适时地估计产品的进一步储存或加工的是否适宜,以及去了解在储存中所发生的变化性质。

参考文献

1. Смороди́нцев И. А. 1952. Биохимия мяса. М., Пищепромиздат.
2. Дебай П. Полярные молекулы, 19, 31. ГНТИ, М.—Л.
3. Ска́нэви Г. И. 1949. Физика диэлектриков. М.—Л., ГИТТЛ.

[周綺云譯. 作者: Н. А. Аладжалова. 原題: О возможности использования метода измерения диэлектрических потерь в области аномального поглощения для определения качества пищевых продуктов.]

在天然条件下研究光合作用的新方法

О. В. 扎林斯基 О. А. 塞米哈多娃 Л. А. 費里波娃

(苏联科学院植物研究所)

目前光合作用的研究已經获得了广泛的发展,并且引起了自然科学各学科代表人物的注意。然而在这一个复杂的问题中有許多部門的研究还是显著地落后于光合作用現代概念的一般水平。其中之一就是光合作用的生理学方面,尤其是在自然条件下的植物中光合作用的生理学問題。

这一知識領域发展的主要障碍之一就是缺乏研究光合作用的适当方法。研究光合作用現有的大多数方法已經在很大的程度上不能滿足研究者們的需要了。所有的这些方法只能对光合作用作定量的測定,这就是它的强度的測定。而苏联生理学家們(季米里亞捷夫植物生理研究所,科馬罗夫植物研究所,塔吉克苏維埃社会主义共和国科学院帕米尔生物試驗站)的工作已經指出:仅有不涉及二氧化碳还原产物中質的成分的定量測量完全不足以說明光化作用的特性。庫尔薩諾夫(А. Л. Курсанов),庫津(А. М. Кузин)及其同事們的研究都很明显地表明,考虑光合作用所形成的物質在植物各器官中分布的規律性和这些分布所需要的时间也是极重要的。只有利用这些基本上不同的指标,我們才能更完全地描述光合作用,揭露它在植物的一般新陈代謝中所起的作用,并指出它和其他生理机能的相互关系。因此,研究者們需要一些研究光合作用的方法使他們可以描述叶子从空气所吸收的碳素的量、节奏、質的变化以及它的“行跡”(“топограф”)。

直到不久以前还很难想象研究出这样的方法的可能性。現在

这种基本可能性已经存在，而且也许不久就可以在应用碳的放射性同位素 (C^{14}) 的基础上实现。科马罗夫植物研究所和塔吉克社会主义共和国科学院帕米尔生物试验站的植物生理工作者们在两年以前就开始在这个方向进行了工作。目前可以适当地把这个远未达到所提出的目标的工作做一个初步的总结，所研究出的方法的基础是用碳的放射性同位素 C^{14} ，大家知道这种同位素已经在研究光合作用的产物以及碳素在植物各器官中的活动情况等問題中获得了广泛的应用。

然而至今我们还不能在文献中看到应用放射性碳素来研究植物在天然条件下的光合作用的企图。而按下面所阐明的见解这一点是很需要的，就象研究各种植物生理問題中的示踪原子方法的一般的更广泛的应用一样。

已经确证，叶子所吸收的放射性碳素的量是与在光合作用时所吸收的碳素的总量成严格正比的^[9]。这就使我们可以首先利用 C^{14} 来研究由叶子物质的相对活动性的变化所决定的光合作用变化。在原理上也完全可能测定叶子的单位重量或者单位面积在单位时间内所吸收的碳原子的绝对量，就是说测定光化强度的绝对值。利用放射性碳素与通用的气量计方法相比较，其主要优越性在于有可能在叶子本身上来测定在光化作用过程中进入其有机物质成分中的相对碳素量。任何一个测定光合作用的气量计方法都只能测定所谓“表面光合作用”，那就是叶子所吸收的超出呼吸作用中所吐出的碳酸气分量。如果是根据碳酸气来测定。所谓“真实光合作用”的影响，就必须对“表面光合作用”的量“加以呼吸作用的修正”，而这种修正仅是相对的并且事实上是不能测定的量。而应用放射性碳素就使我们不仅能够直接测量存留在叶中的碳素的总量，而且也能测出它在光合作用的各种产物中的分布，这也就是光合作用的质的方面。

其次，在应用放射性碳素的条件下，出现了研究它的“行迹”的

可能性,这就是研究叶子所吸收的碳素在植物各器官中的移动,并且也能阐明这些过程的速度。

测量放射性仪器的高度灵敏性大大地减縮了叶子的曝光時間,这就可以避免叶子过热和能改变其在小室中的生理状况的其他因素的不良作用。

在理論上有可能把曝光時間縮减到几分鐘。具体的時間則决定于所研究对象的光合作用强度。我們只要記住,这方法的特点就是必須使叶子处在人为的气体环境里,这里的碳酸气濃度不象在自然环境里那样的常常改变。

这种方法的一个很大的优点就是裝置和測定手續的簡便,这就使我們可以做光合作用的大規模測定,并且可以在野外考察的条件下应用这种方法。

裝置具有三个几何上互相結合的組成部分:含富有 $C^{14}O_2$ 的空氣的蓄气器(可以用容量 10—15 升的普通瓶子做蓄气器),裝叶子的叶箱和可以使具有 $C^{14}O_2$ 的人工空氣从蓄气器通过叶箱再回到蓄气器的唧筒。叶箱的構造則按植物叶子的形狀和大小而定。

按照研究的任务,也可以用切下的或与植株分开的叶子。对叶箱的唯一要求就是它的緊密性。要得到緊密性可以把叶柄用柔軟的石油灰封密。箱子上面的玻璃或盖……用凡士林固着于頂部,放置叶子的时候可以打开。用手压唧筒使气流通过叶箱,在缺乏适当的唧筒时可以用抽气机的裝置造成混合气体的流动。容量 10—15 升的玻璃瓶就可以用为抽气器。

在光化作用期間之后,从箱子里取出試驗的叶子并迅速地用煮沸的酒精来把它固定。这种固定了的叶子烤干后或者在少量的酒精里都可以長期保存以便进一步的處理,这包括把撕碎的叶子的干粉作成制备品并計算这种制备品中叶子物質的总放射强度。

按照研究的任务,固定了的叶子也可以經過进一步的区分,然后計算各个部分或物質的活动性。对于測定光合作用的任何方法

的一个要求，都在于不应使叶子有二氧化碳的“飢餓”。为了满足这种要求，可以用造成高速度的混合气流冲透叶子的方法，或者通过提高这混合气体中碳酸气浓度的方法；而且，混合气体中碳酸气的浓度越高，其所需要的流动速度就越小。在人工混合气体的装置中，提高二氧化碳的浓度是比较简单的。

在二氧化碳浓度低的条件下所需要大的混合气体的流速，要求有容积大的蓄气器。因为在这情形下，不容许同一混合气体的多次环流。然而在短时间的暴露下用与自然环境相近的二氧化碳浓度还是可以的。人工造成具有 0.03% 碳酸气普通浓度的含 $C^{14}O_2$ 的混合气体并不困难。由此可见，保证叶中碳酸气的方法在很大的程度上决定于实验中所采取的暴露时间的久暂。如以前所指出的，最好尽量缩短叶子保持在叶箱内的时间。这时间决定于叶子能够吸收足够的 C^{14} 来供测定叶子有机物相对活动性所需要的时间。

因此，提高碳酸气总量中 $C^{14}O_2$ 的成分，或者增加碳酸气的总浓度以增强光化作用强度，都是缩短曝光时间的办法。选择那一种方法来缩短暴露时间，可以按照研究的目的和进行测定的条件而定。只要记住，用低浓度的碳酸气工作时，一定需要它有较高的相对活动性（这种活动性显然是要比对光合作用本身能发生影响的那种程度要小得多）。在我们的实验中，通常用 1% 的 CO_2 。碳酸气总量的 1/16 是由 $BaC^{14}O_3$ 制备品中取得的。1 升的这种混合气体中含有 5 微居里。知道了混合气体中的碳酸气含量和试验对象的光合作用强度，就可以约略地计算出必须的气流速度。除了类似的计算之外，我们还凭经验来确定光合作用与气体流速的关系。按以往的结果，1 小时 6 升的流速就对于光合作用强度就不再发生影响了。显然，在这样的流速下，已经可以保证光合作用有充分的碳酸气供应了。

在列宁格勒和东帕米尔我们用不同光合作用强度的对象所进

行的試驗中，我們造成了每小时 6 至 20 升的流速。

提高碳酸气的濃度还有一个优点：在重复測定光合作用时，必須屡次打开叶箱。这时丢失一部分的混合气体，其結果就使系統中的碳酸气的濃度减低。因此，混合气体中碳酸气濃度的减少比仅考虑 CO_2 的吸收所能計算的較快。虽然如此，在不补充气体的情况下，用 12 升的蓄气器还可以作几十次的光合作用的測定。这是已經通过气体分析而确定了的，碳酸气濃度的全部变化是不大的，都在气体分析的誤差范围之內。然而在用一个蓄气器进行工作的期間內連这种濃度变化也是可以避免的。为此，就要利用碳酸鹽緩冲混合物。碳酸鹽緩冲物的变化会緩和光合作用和揭開箱子所引起的碳酸气濃度变化。当用低濃度的 CO_2 进行工作时，应用緩冲物是特別适宜的。

上述的方法可以很清楚的測定各种植物在白晝間光合作用进程的强度和性質的差別，以及光合作用的日变化和季节变化。

作为应用放射性方法的例子，我們可以引証我們在东帕米尔高山区所得到的研究結果。

用气量計所确定的高山区植物光合作用的季节性变化規律也証实了用放射性碳素所做的測定。

在高山区，7 月末，当夜里已不冻结，晝夜的溫度变动幅度也不大的时候，日間的光合作用的变化很小。在 8 月初和 8 月中旬时，早晨的微冻使当日最高光合作用的時間往后移。專門的研究指出，在这期間植物的叶子变成耐寒得多。在 9 月里晝夜間溫度变动幅度的急剧加大和强烈的冻结伴随着植物同化的显著活化。在这期間許多种植物的光合作用都达到最高的强度。

溫度对光化作用的影响也受了实验的檢查。曾經通过对植物进行一定溫度的預先处理的方法試圖改变光合作用的日間进程特征。为了这个目的，在进行試驗的前夜，將植物放在不同的溫度条件下，第二天就进行測定白天的光合作用变化。

植物的预先冷却会引起第二天光合作用强度的提高，它的最高强度也向后推迟了。

从引証的例子可以看出，所提出的方法可以用来比较不同种和不同品种植物的光合作用强度，可以用来说明光化作用的日間和季节間进程的特征，也可以用来研究不同条件对这过程的作用。

参 考 文 献

1. Заленский О. В. 1944. Изв. Тадж. фил. АН СССР, № 8.
2. Заленский О. В. 1948. Бот. журн. т. XXXIII, в. 6, стр. 571.
3. Камен. М. 1948. Радиоактивные индикаторы в биологии. Изд. И. Л.
4. Кузин А. М. и Меренова В. И. 1953. ДАН СССР, т. 90; № 4, стр. 677.
5. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Вартепетян Б. Б. 1952. ДАН СССР, т. 85, стр. 913.
6. Курсанов А. Л., Кузин А. М. и Мамуль Я. В. 1952. ДАН СССР т. 79, стр. 685.
7. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Пушкарева М. И. 1953. ДАН СССР, т. 88, № 5, стр. 937.
8. Семихатова О. А. 1953. Тр. Бот. ин-та им. Комарова АН СССР, сер. 4, в. 9, стр. 132.
9. Calvin M. a. Benson A. A. 1948. Science, 107, 479.
10. Ruben S., Камен. М. D. a. Hassid W. Z. 1940. Am. Chem. Soc., 62. 3448.

[殷美姑译。作者：О. В. Заленский, О. А. Семихатова, Л. А. Филиппова. 原题：Новый метод изучения фотосинтеза в естественных условиях.]

关于測量植物中生物电位的方法

М. А. 赫維傑利德捷

关于植物电現象的第一个研究是在 1866 年由俄国学者 Н. Ф. 列瓦柯夫斯基 (Н. Ф. Леваковский) 在彼得堡科学院的論文集中发表的。他用非极化电极把含羞草植株上各个部分的电位引到一个电流計上, 确定了所研究植物中的电流强度是依赖于各种外界条件和植物本身的生理状态的。

1894 年在俄国出版了科洛密采夫 (Н. Коломийцев) 的書报短評“电与植物”, 在这篇文章中他概述了有关研究植物电現象的著作。在 1901 年出版的 Т. И. 符亞泽姆斯基 (Т. И. Вяземский) 的“植物的电現象”一書中, 作者分析了自己的和其他研究者的試驗, 并作出植物中的电流直接依赖于呼吸过程的結論。

从霍洛德內 (Н. Г. Холодный) 的著作中可以找到有关植物生物电位問題資料的汇集。(“查理士达尔文和植物有机体的运动的学說”, 苏联科学院出版达尔文全集, 第 8 卷, 1948 年第 5—35, 536—537 頁; 和“查理士达尔文和食虫植物的現代知識”, 苏联科学院出版, 达尔文全集, 第 7 卷, 1948 年 255—304 頁)。

研究的任务和方法

全苏农业电气化研究所梯比里斯基分所自 1950 至 1953 年所进行的工作的目的如下: 1) 放大和測量小功率的直流电源的低电压的研究; 和改善測量及記錄它們的方法。 2) 在考虑到基本的生命过程和外界因素的影响下研究机能活动正常的植物的电現象。

遵守以下的条件时就可以准确地評計所測生物电压的数值:

1. 被研究的对象須要与外界的电場和磁場隔开，但是因为被研究的对象是植物有机体，它的正常生活条件需要光照，这个问题是这样解决的，即制造用細銅网做的屏障籠。

2. 測量儀器的內阻應該和被測物的电阻相适应，并且要免除极化現象。如果設計一种測量儀器，利用机械換向器把稳定电压或是变化緩慢的电压改变成为脉冲，就可以滿足这一条件。用这个方法就可以不必使用直流放大器，因而同时也免除了輸入真空管的柵极电流在測量电极上产生极化現象的可能性（在直流放大器里就会发生这种情形）。此外，这种方法可以使測量儀器的零点不变动。

3. 电极之間的固有电位差應該比被測电位差小得很多。为此曾用从同一根白金絲剪下来的 1—1.5 厘米長的細絲狀的均匀白金电极，然后焊在柔軟的多縷銅導線上。当把两个电极浸在 NaCl 水溶液中时阴极射綫管示波器上就有明綫出現，根据这种指示綫就可以測定固有电位差，并且可以决定极化現象是否已被消除。我們曾把阴极射綫管的放大倍調节到最大，但是並沒有观察到明綫的偏移。可見两电极間的电位差低于这个儀器的灵敏度，即低于 0.1 毫伏的。如果要求的精确度在 0.1 毫伏以內并且所測量的电压約为 0.5 毫伏以上时，这个誤差是完全可以允許的。

4. 整个測量裝置在工作时的稳定性是用电源鉄共振稳定器而得到的。但是当电源的电压剧烈改变时，甚至于这个办法都还不能保証放大器工作的完全稳定。当电源电压发生很大而短促改变时，可以使用一个有巨大飞輪的电动发电机，而由电源經過鉄共振稳定器供給它以电力。

植物中电动势的測量

根据已有的文献資料，植物組織中的生物电位約为数十个毫伏特左右。在这样的範圍內 $\pm 10^{-1}$ 毫伏的精确度對我們就已經

是足够的了。

因此,我們就可以把仪器上每一刻度(1毫米)的灵敏度定为一毫伏。90-4型阴极射线示波器就可以满足这个条件,只要事先把稳定电位变成脉冲。在这种线路里是利用一个机械换向器来使稳定电位变为脉冲的。加在换向器接触点上的电位是通过一个输入电容而加在可动接触点上的。再由一个有功电阻上取得所研究的电位而加在示波器的输入端上。示波器的输入端有一个 RC 差绕回路。每分钟用稳定的输入电压将示波器的输入电容器充电和放电 50 次。在真空管控制栅极上交变电压的振幅和所加的直流稳定电压成正比。这样在示波器上就得到矩形脉冲,它的形状和输入线路的各项因素及断电器的频率有关。

分析证明,在电容器两板上的电压是和作用在线路输入端上电动势函数的积分成正比的,

$$U_c = \frac{1}{C} \int i_c dt.$$

当线路中的有功电阻 $R \gg \frac{1}{\omega C}$ 时,线路中的电流将是:

$$i = i_c \simeq \frac{U_{xx}}{R}.$$

因此,

$$U_c \simeq \frac{1}{RC} \int U_{xx} dt.$$

为了计算所研究的电动势和电压的值,利用示波管上直角脉冲的图形是很便利的。在我们的情况下,在 RC 回路的输入端由于接触系统而形成了每秒 50 次的矩形脉冲。

在电阻 R 上的电压随着时间成指数的改变。

$$U_R = U_m \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = U_m \cdot e^{-\frac{t}{RC}},$$

式中 t ——脉冲的延续时间;

τ ——时间常数。

对于在 RC -回路中电阻 R 上的脉冲形状所作的数学分析和图解分析证明, 当比值 $\frac{t}{\tau} = 0.02$ 时, 在 RC 回路输出端上矩形脉冲的形状和这个脉冲在输入端的形状是很相符合的。

对于研究稳定的或是变化缓慢的电位来说, 输入电容器的漏电电阻有很重要的意义。它的值不能低于 10^9 OM , 只有当输入电容器的漏电电阻很大时才能免除由于输入电子管的栅流而引起的极化现象。我们所用的某几种有断电器的输入线路就起着—个电唧筒的作用, 它由所研究的电源中取出很少的一部分电量 (在 $t \approx 0.01$ 秒的时间内), 在一次脉冲的过程中从—毫伏电位的被测电源中消耗 10^{-17} 瓦特的能量。

输入线路在直流方面的等效线路就是一个分压器, 这个分压器由电容器的漏电有功电阻 (约为 10^9 欧姆) 和在控制栅极线路中的电阻 (2×10^6 欧姆) 组成。

因而, 当所测电源的电阻等于零时, 栅极电流的 $\frac{1}{1000}$ 可能落在示波器的输入按钮上, 即在被测物上, 植物组织比电阻的数量级为 $10000-20000$ 欧姆。如果假定植物组织在测量时最大电阻的数量级为 0.1×10^6 欧姆, 那末在两电极之间所形成的最大电位差为:

$$U = i \cdot R = 10^{-12} \cdot 0.1 \cdot 10^6 = 0.1 \text{ 微伏}$$

(当电子管栅极电流 10^{-9} A 的 $\frac{1}{1000}$ 流经所研究的线路时。)

因此, 甚至于在这样大的栅极电流下, 这个线路仍能完全满足测量植物组织中稳定的或是变化缓慢的电位或是测量氢离子浓度的条件。

我们来看一个特殊情况, 即在输入端只有生活组织的电阻, 而组织中沒有生物电位, 在这种情况下必需知道输入装置是否引起

电极的极化现象。在上列装置中由于下述的原因栅流不可能加到测量线路上去：示波器的输入电容器 C 在接入被测电路之前已被栅极电流所充电，因而线路输入钳上的电位彼此相等。这样电流就不能通过外线路，即不能通过所研究的电源，因为当电容器的时间常数 $\tau = 250$ 秒的时候，它不能在 $t \approx 0.01$ 秒的时间内在自己很大的漏电阻上放电 ($R_y \geq 1000 \cdot 10^6$ 欧姆)。在这样的一个电路中输入电容器的充电和放电电流是和所加的稳定电压，以及这个电源的内阻及栅极电阻 R 的值直接成线性的关系。如果电容器的漏电阻足够大，一方面能够保证电极上的电荷不变，另一方面能限制由电子管的栅极线路流到被测电源上的漏电流，那末在这个电路中在电阻 R 上由栅极电流所形成的电压对于被测电位的值将不会有很重要的影响。

由此可知，电容器的高度绝缘可以保证在测量微小电位时不受输入电子管栅流大小的影响，而机械换向器则将稳定电压造成脉冲。在已经安装好的仪器中由于线路对于直流电流有很高的输入电阻 (大于 10^2 欧姆)，所以我们可以认为这个装置是适合于测量内阻不高于 10×10^6 欧姆的小功率电源的直流电动势的。

测量证明，附加有输入线路的示波器的灵敏度，对于直流电来说，每一毫伏在 Y 轴上偏移 0.1 厘米。在我们的情况下，电阻 R 上的电压在充电 0.01 秒之后其值为：

$$U_x = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = E \cdot 0.02.$$

可以看出，阴极射线示波器对于直流电位的灵敏度是降低了。但是灵敏度的这种降低是永远不妨事的，因为它在消除了电极极化现象的情况下，保证了所研究电位能够正确地显现出来。

在示波器的线路上我们还附加了一个预先放大器和一个输出功率放大器，利用它们就可以在示波器上进行观察的同时又在自记仪器上作记录。因为植物组织中的电现象是一种很缓慢的过程。

所以沒有使用滑动示波器 (шлейфовый осциллограф) 的必要。自动仪器可以在一晝夜中記錄生物电位。附加綫路裝置在 ЭО-4 型示波器的垂直护板上。

植物組織的电位差及它們与呼吸过程的关系

用上述裝置对植物生物电压所作的研究使我們深信植物組織是有一种固有的电位差的。組織的固有电动势应当和植物有机体的生命活动过程有密切的关系,呼吸就是生命活动的一般表征(生物化学的氧化还原过程)。我們所进行的工作,其目的就是确定植物的生物电位差与氧化还原过程的关系。

我們用鉑电极所测知的生物电位差是 30 毫伏。电压是从植物上的两点(櫻果树的叶和叶基)用尖的完全相同的鉑电极接在机械換向器的輸入端。在測量以前,为了要檢查电极的固有电位差,先把电极浸入 NaCl 溶液中,然后把它仔細洗干淨,必須在洗淨后再插入植物中。

將种在瓦盆中的植物(图 1)全部放在真空裝置的鐘罩下面,当空气由鐘罩中被抽出时,植物的固有电动势就会下降,而当气压为 10—15 毫米汞时下降为零。这种下降是在 5 分鐘內逐漸发生的。过 10—15 分鐘后,向鐘罩內漸漸放入空气,这时电动势就急剧的增長到原有的大小(图 2)。

曾在每小时轉过 120 毫米的紙帶上記錄了番茄幼苗的固有电动势。鐘罩里的溫度在抽气前是 24°C , 在抽气 3 分鐘后降到 21°C 。

从莖上摘下的新鮮叶子在不同的各点之間都有电动势。同样的叶子(在試驗中我們用的是檸檬叶)放在乳鉢里仔細搗碎后就沒有电动势了。溶解在水里的叶物質也一样的不产生电动势。因此,植物的固有电动势是和植物組織的構造有关系的。觀察說明,植物的电动势是在白日和黑夜都存在的,和光照沒有关系。

又曾在以 KCN 水溶液抑制呼吸作用的情形下进行过試驗。

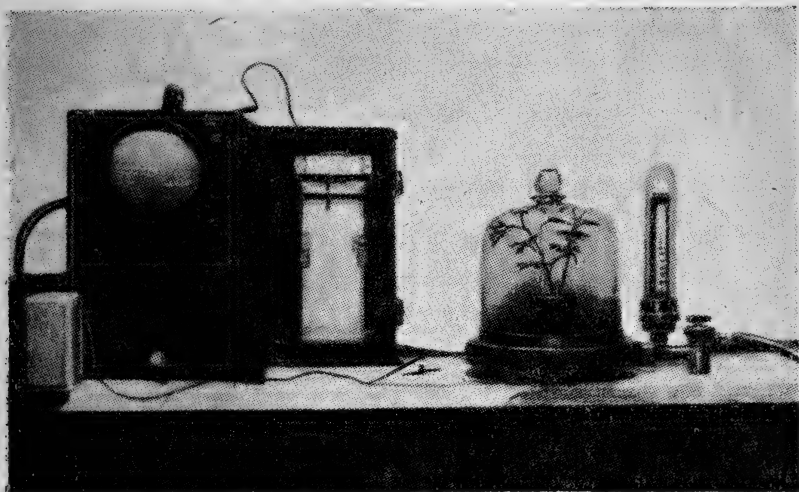


图 1. 测量植物組織电位差的装置概况

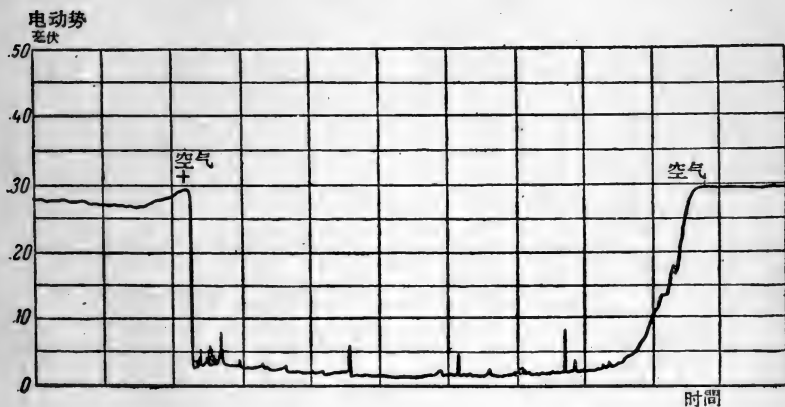


图 2. 植物电动势的变化与空气压力变化的关系

試驗的是柑桔苗上同年龄的两片綠叶。一片叶子作为对照。在两片叶子上大致相同的两点間測量电压。两片叶子的平均电压都是8—10 毫伏。

在測量以后，將被試驗的叶子投入 0.75% 的 KCN 水溶液中，而將对照的叶子投入純水中。为了要使水和 KCN 都能很快的浸入叶子的气孔，把叶子放在鐘罩內，先將空气抽出来，然后再放进去，如此共重复三次。这个方法可以使被测的叶子迅速而均匀地被 KCN 所浸透而对照的叶子則同样地被水所浸透。

对照的叶子在浸透了水之后，在和以前同样的两点間呈現大小和符号都相同的电动势（8 毫伏），而被試驗的叶子則沒有电位差。此后对照的和被試驗的叶子又被放到鐘罩里去，但已經沒有水和 KCN 溶液了。被試驗的叶子在 20 毫米汞高的气压下电动势微微升高——到 3 毫伏；然后在 5 毫米汞高时电动势又降到零。当恢复到以前的气压时在这片叶子上就不呈現电动势。对照的叶子在空气放进的时候不仅是恢复，而且比开始时大两倍（即 20 毫伏），以后又逐漸地（經過 5 分鐘）降到 15 毫伏。

由此可見，对照的叶子，在經過真空的封鎖之后，呼吸作用更是加强了。

也曾測量了叶和莖之間的电动势。在抽气之前它是 28 毫伏；在 5 毫米汞高时电动势几乎降至零。經過一些時間之后，放氫气到鐘罩里去，氫气引起了电动势的增强，而且是反向的（負的）。过了 2 分鐘后，排除了氫气；电动势就降至零，以后又反向增至 25 毫伏而再逐漸地降至零；以后又在 16 分鐘之內增至正 25 毫伏。在第二次抽出空气之后，电动势迅速地降至零，而在第二次放进空气之后增至正 30 毫伏；而且在这一次当氫气最后一次地从叶中排除后，在 20 分鐘的期間內电动势稳定地保持着以前的水平和方向。

为了証明植物中的电动势是因为有氫气存在而发生的，我們把同一的电极放在 NaCl 水溶液中；在真空中和有氫气时两极都一样的沒有电动势。除此之外，还把同一的电极插在浸了同样溶液的濾紙上。从測量中看出，氫气不能使濾紙上的两电极間产生电动势。

在另外的一个試驗中,記錄了当两极放在同一的位置时,同一植物在空气中的 CO_2 里的电动势。在二氧化碳放到真空中之后,植物的电动势暂时增至 31 毫伏,而且具有和在空气中同样的符号;以后就观察到在正負号之間的变动;而在 4 分鐘之后电动势几乎降至零;以后再一次的增高,然后又慢慢地降到正 3 毫伏,而在气压大約等于大气压时这种正的电动势保持了 18 分鐘。在所有这些試驗中,植物都在屏蔽的小箱中以日光照亮着。因此在测量的期間是有光合作用的。由此可見,可以作出結論,植物的电动势是和周圍的环境——外界的相互作用——有关的。

在測量固有的电动势时,必需要把整个植物和地絕緣。如果不可能这样作,那就一定要在示波器和地之間連接一个电容器,以使示波器和地絕緣。这之所以必要是由下述的情况所决定的;就是当有植物的瓦盆与地相接时,在上面的叶子上的电极和土壤之間的电路中必产生新的电动势,虽然在下面的莖上的电极是与地相連的;然而这个下面的电极不能保証地的电位在整个莖的截面上是分布均匀的。因为植物組織是具有电阻和固有电动势的。

如試驗所示,在叶和地之間及根与土壤之間都有电动势,而且这些电动势都比叶与莖之間的电动势大好几倍。

結 論

1. 为了測量植物的生物电位差需要应用: 与高度絕緣 (10^9 OM 級) 电容器相配合的机械。ЭО-4 型阴极射綫示波器及附有記錄紙的伏特計或毫安培計。生物电位差的測量要用无极化的电极在屏蔽的小箱中进行。

2. 植物的生物电位差約为 10—100 毫伏而且具有不变的特性。

3. 植物的生物电压的初步研究証实了它的我們所預期的性質。組織的生物电位差是在个別的細胞群和組織区段間的氧化还

原作用程度的外部表现。如果細胞的呼吸作用被抑制了(KCN 或真空),而这种过程的程度降到零;那末,生物电位差也会降到零。

4. 研究植物的生物电位差的最終目的就是要研究植物对外界条件的作用如何反应(其中有地的电場和人为的电場的作用)。这些問題的研究給制訂各种提高收获量的实用的措施以可能性。

参 考 文 献

1. Вяземский Т. И. 1901. Электрические явления растений.
2. Геллер И. А. и Харитонов Е. Т. 1951. Докл. АН СССР, т. 78, № 5, и 1953, т. 39, № 2 и № 3.
3. Коломийцев Н. 1894. Электричество и растение.
4. Леваковский Н. 1886. Записки Петербургской академии.
5. Тимирязев К. А. 1937. Соч., т. 3. Сельхозгиз.
6. Холодный Н. Г. 1948. Чарльз Дарвин и учение о движениях растительного организма. Вступ. статья к собр. соч. Дарвина, т. 7, стр. 255—304, т. 8, стр. 5—35, 536—537. Изд. АН СССР.
7. Энгельс Ф. 1953. Диалектика природы. Госполитиздат.
8. Gones M. W., Kivel B. a. Bieess A. A. 1950. Plant Physiology, 26, № 1.

[殷美姑譯. 作者: М. А. Хведелидзе. 原題: К методике измерения биоэлектрических потенциалов у растений.]

用放射性同位素標誌昆虫和 魚类的方法和任务

В. И. 夏丁 Н. Б. 依里英斯卡婭

А. Н. 斯維托維多夫 А. С. 德羅辛

直到最近在科学研究中才开始有了广泛应用放射性同位素的可能性。然而在这种方法的帮助下已經作出了重大的发现；只要指出示踪原子在生物化学、生理学和医学領域的研究中的很大成功就以說明这点了。

无疑，放射性元素的应用在水文生物学、魚类学、昆虫学和其他动物学的領域中都会有成果的。其中以利用示踪的放射性同位素来標誌动物尤为适宜。例如，为了制定防治給植物栽培、畜牧业和人类的健康帶來很大損失的昆虫的有效方法，研究这些有害昆虫的数量的动态、分布区域和傳播的速度都有很大的意义。为此，我們就需要寻找使我們能大規模地標誌它們的方法。

至今我們所用的以不同顏料將昆虫染色的示踪方法并不是經常可以应用的。此外，这种方法也不能使我們做到足够規模的標誌。

并且，在我国实行的广大魚业設施要求严格地計算出它們的有效性。然而直到現在不論在說明迁居性魚的魚业恢复率方面或是在計算从魚厂或魚苗回游向大海的迁居性魚和半迁居性魚的小魚(本年生的)数量方面都沒有多少令人滿意的办法。同样对具有工业意义的成年魚的迁移和在內湖中的傳播速度，也沒有令人滿意的研究方法。目前是用机械的方法(切断魚嘴，烙印等等)来給

魚作上标记。然而这种标记的方法常常是不准确的而且也会使魚受伤。此外,这种方法很难对重量不超过 1—5 克的小魚施用;并且就象标记昆虫的情形一样,也不能大规模地进行。

最近 5—6 年国内外的許多研究者制定了并成功地应用了用放射性同位素标记动物的方法。例如,德仁金斯 (Дженкинс) 和哈塞特 (Хассет) ^[4] 用放射性磷标记蚊虫并研究它们的飞散,休拉-布拉 (Б. Л. Шура-Бура) ^[1] 曾经应用 P^{32} 来确定在可以成人类傳染病来源的某种蝇的聚居地点上蝇子的数目。而格里弗英 (Гриффин) ^[3] 应用放射性鋅的同位素标记鳥雀借以查明它们返回自己鳥巢的頻次。放射性同位素也被用来标记植物花粉,以研究它们飞散的远近 ^[2]。

用放射性同位素来标记动物的原理就在于:用某种方法把放射性同位素輸入动物体中之后,这动物就可以与不含有放射性物質的其他动物区别开来,为此只要把整个动物或其任何組織或器官移近計数器就够了。

在工作过程中我們深信不可能找到对于一切动物和在任何情形下都适用的某种划一的放射性同位素标记方法。标记方法的选择应决定于应用标记动物的研究目的及动物的生物学特性。然而在所有的情况下制定用放射性同位素标记动物的方法时都要解决下列問題: а) 选择放射性同位素, б) 找最好的方法將放射性同位素引入有机体, в) 确定最适当的放射性物質濃度, г) 确定放射性同位素在有机体中的延續時間, д) 寻找放射性元素标记动物所容許的最高剂量限度, е) 制定措施来消除在标记过程中以及在人与含有放射性同位素的动物相接触时放射性物質对人类的有害影响。

在 1954 年,科学院动物研究所制定了应用放射性同位素标记几种昆虫和魚类的方法。我們要在下面簡述关于这方面所获得的部分材料。

1. 標記昆蟲

依里英斯卡婭(Н. Б. Ильинская)制定了用放射性磷標記蒼蠅和蚊蟲的簡單方法。這個方法可以很容易地標記上述昆蟲的任何數量。

蒼蠅(家蠅、肉蠅和其他)可以用兩種方法加以放射性磷的標記: (1)在含有 P^{32} 礦物鹽 (K_2HPO_4 或 Na_2HPO_4) 的飼料里培養蒼蠅的幼蟲, (2)把上述任何一種含有指示磷的鹽混合到糖溶液里, 並用以飼餵蒼蠅的成蟲。

在我們的試驗中, 蒼蠅的幼蟲是培養在加有放射性磷的沖淡的牛奶里。這種培養劑的比放射性達到 0.2 或 0.02 毫居里/升。把蒼蠅的幼蟲放在用這種飼養基潤濕的棉絮上。把肉蠅飼養在洒了含有 P^{32} 溶液的肉上。每公斤的肉要有 0.02—0.2 毫居里放射性磷。用計數器週期性地探查在幼蟲、蛹和從它們中間飛出的蒼蠅中放射性磷的存在。各階段的幼蠅都能從養料中吸收大量的放射性磷。從這條件下育成的蛹中飛出來的成蠅具有差不多和它們自己幼蠅時期同樣多的放射性。

在任何發育期間在距鋁計數器 2 毫米處, 每分鐘產生 10,000 以上脈沖的家蠅和肉蠅的幼蟲通常在蛹期就死亡了。在第二或第三齡期移至含有 0.2 毫居里/升(公斤)的培養劑的幼蟲在蛹期死亡的是 100%, 而後期移植的則有 30—50% 死亡。

從在第 3—4 齡期移植到有大約 0.02 毫居里/升的牛奶(家蠅或 0.02 毫居里/公斤的肉蠅)的培養劑中飛出來的成蠅差不多百分之百都被觀察到了。從這些幼蟲里飛出來的蒼蠅所具有放射性約為每分鐘 6—7 千脈沖, 然而也有少數的蒼蠅只表現出輕微的感染(達 200—300 脈沖/分鐘)。

標記蒼蠅的第二種方法——用混合有放射性磷的糖溶液來飼餵——是最有效的。這個方法很簡單。把加有放射性磷 K_2HPO_4 溶

液的 2% 的葡萄糖或半乳糖溶液餵給收集在养虫室的蒼蠅。糖溶液的放射性达到 1 微居里/毫升。將这种溶液灌到放有棉灯心的平底燒瓶里（容积为 50 立方厘米）。經過一晝夜后所有的蒼蠅都具有放射性了，在第一天大約每分鐘能产生 6 千脉冲（从每分鐘 3 千到 1 万 7 千脉冲）的放射性。这样的蒼蠅在其一生中都很容易利用計数器把它們和未受标誌的蒼蠅区别开来，因为蒼蠅的放射性能在很高的水平上維持很久而在正常条件下的蒼蠅的寿命大約只有 20—30 天。例如第一天在培养剂中有 9,800 脉冲/分鐘的家蠅，經 16 天后都仍然表現很高量的放射性（平均約 200 脉冲/分鐘）。

曾在两种属于 *Aedes* 和 *Culex* 属的蚊虫中进行了标誌方法的研究。是用放射性磷来标誌的。当用 P^{32} 标誌这两种蚊虫时，我們在很大的程度上更改了德仁金斯（Дженкинс）和哈塞特（Хассет）（1950）所建議的方法，因为按照这些著者的方法标誌蚊虫会引致昆虫的大量損耗：25—30% 蚊子幼虫的死亡。看来这大概是由于幼虫放得太密，它們的飼养基中磷的濃度太高（每 1 毫升飼养基 3—4 幼虫，比放射性是 0.166 微居里/毫升或每个幼虫的放射性是 0.05 微居里）和不良的飼料（干的脫脂肉粉）所致。

在工作过程中我們发现，蚊子的幼虫在各龄期中都从飼养它們的飼养基中很强烈地累积了磷。我們把第 3—4 龄期的幼蚊放入加了不同濃度的放射性磷的河水里。在一定間隔的时期中把幼虫取出来測定它們的放射性。所得的結果表示如图 1。为了比較起見，在图中列出在与幼虫在差不多相同条件下測定的 0.1 毫升幼虫所处的飼养基的放射性。应当指出，在这种溶液中死去的幼虫，很快地会把它們所累积的磷退还給同一的飼养基。

放在放射性磷溶液（ K_2HPO_4 ）里的蚊蛹几乎完全不吸收 P^{32} ，从它們中間飞出去的蚊虫也表現沒有放射性，而在同一飼养基中的幼虫都消化了大量的放射性磷。这在表 1 所引証的資料中很清楚的可以看出。

表 1 蚊子的幼蟲和蛹對放射性磷的吸收

幼蟲和蛹在 P^{32} 溶液中停留的時間 (晝夜)	幼蟲或成蟲每分鐘發出的脈沖數			
	幼 蟲	從試驗的蛹中飛出去的蚊子		
	飼養基的比 放射性 0.18 微居里/毫升	飼養基的比 放射性 0.71 微居里/毫升	飼養基的比 放射性 0.36 微居里/毫升	飼養基的比 放射性 0.071 微居里/毫升
1	6,433	0	0	0
2	—	—	0	0
3	13,797	—	0	0
4	—	10	0	0
7	10,742	497	17	103
10	20,460	—	—	—

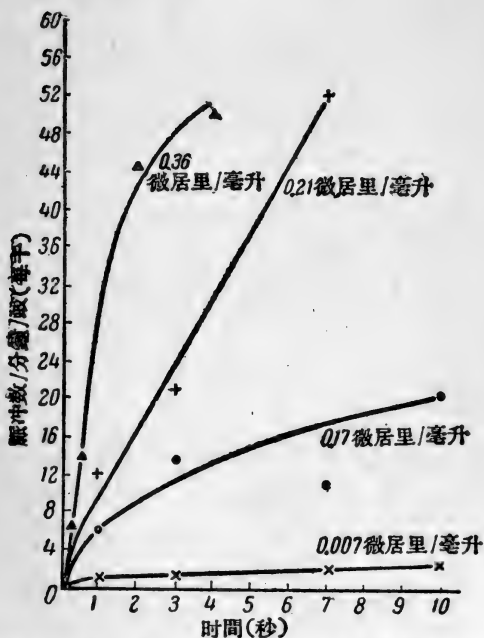


圖 1. 被蚊子的幼蟲(*Aedes* 屬)從不同比放射性的飼養基中所吸收的放射性磷的量(在 $K_2HP^{32}O_4$ 溶液中)。在 100 毫升的飼養基中——10 個蚊子。幼蟲的平均重量——4.4 毫克。飼養基的比放射性(微居里/毫升): 0.007; 0.17; 0.21; 0.36

从化蛹的放射性幼虫中飞出的蚊虫，表现出仅比它们的蛹稍微多一点的放射性。表 2 所引証的資料就說明这一点。

根据这种飼养的試驗，我們推荐如下的蚊虫标誌方法。

在标誌昆虫之前的两星期內，將河水灌滿容量 $200 \times 100 \times 30$ 厘米內鋪漆布或紙革的木箱中，在水中沉入帶叶子的樺木枝。在这种飼养基中生長着丰富的微生物群可以飼养昆虫的幼虫。將蚊子的幼虫从死水池或水窪中取出移到这些木箱里去。計算大約每 10 毫升有一个幼虫。在幼虫发育的第 3—4 齡期时，不晚于化蛹前的两三天，把含有放射性磷的两种磷酸鉀混合物或磷酸鈉鹽放于飼养基中，使其中比放射性达到 0.075 微居里/毫升（或每个蚊子大約 0.008 微居里）。在这样的飼养基中幼虫发育得很好，長成蛹，再孵化出放射性很强的蚊虫。

表 2 *Aedes* 的蛹和从蛹中孵出的蚊虫*的放射性（脉冲/分鐘）
飼养基的比放射性 0.075 微居里/毫升

組 号	蛹	从蛹中孵出的蚊虫	
		第 1 天	第 2 天
I	13,650	14,450	15,760
II	56,650	62,350	62,760
III	24,140	31,900	44,370

* 在含有放射性磷的飼养基中发育的幼虫。

表 3 培养在有放射性磷的飼养基中的幼虫、
蛹和蚊虫的放射性（脉冲/分鐘）

	1 組	2 組	3 組
幼虫 II 齡期.....	3,450	8,425	2,790
幼虫 III 齡期.....	5,870	15,430	16,980
幼虫 IV 齡期.....	12,050	54,086	25,260
蛹.....	13,650	56,650	24,140
蚊虫在第一天內...	14,450	63,350	31,900
蚊虫在第二天內...	15,760	62,760	44,370

在这种飼养基中发育的蚊虫，死亡率并不比在正常环境中发育的来得大。

在这条件下所培养的幼虫、蛹和成蚊的平均放射量列于表 3。

在上述条件下培育的蚊虫，在它們生命的整个期間都保持着很高水平的放射性。例如，經 19 日后每个蚊虫都还有 20,000 脉冲每分鐘。这就使我們可能很容易地应用鋁計数器从听觉按計数脉冲的音节速度以区别標誌的和未標誌的蚊虫。

2. 魚的標誌

魚类的放射性同位素標誌可以用三种方法实现。

1. 用含有放射性物質的任何鹽溶液进行皮下或消化道的注射。
2. 随着預先用放射性物質处理过的食物將放射性同位素引入魚体。
3. 在一定的時間內將魚放在加有放射性同位素矿物鹽的水中。

第三种方法是最簡單的方法，也是我們在以后工作中所用的方法。这使我們能够很快地標誌出大量的魚。

在 1953 年內斯維托維多夫 (А. Н. Световидов) 和托洛欣 (А. С. Трошин) 制定了用磷和鈣的放射性同位素標誌成齡魚类的方法。把一年的鯉魚放在加了放射性同位素 P^{32} 和 Ca^{45} (用 K_2HPO_4 和 $CaCl_2$) 的脫氯的自来水里。溶液的比放射性达到 0.5—3 毫居里/升。經過 0.5; 2; 3; 5 或 24 小时后，將魚挑出并放在时常更換的清水里。然后經一定的時間間隔后可以由放射性元素在魚类器官或組織里的呈現而研究魚的各个样品。可以清楚地看出，放射性 Ca 和 P 首先 (例如，紧在標誌 2 小时之后) 被魚体的外表 (鱗，鰓，鰭) 所吸收。这些部分都是直接和放射性物質接触的。經過了这个時間間隔后，大量的放射性元素也在血和食道的前部

被发现了。

经过 10—15 天后,与总放射性急剧下降的同时发生着在不同的组织和器官中放射性的重新分布。在刚开始标志时脊椎骨里几乎没有放射性元素,但这时就有很丰富的放射性元素了。此时相当大量的放射性磷在脑髓和肌肉里出现。经过 1.5—2 个月后,放射性元素仅停留在鳞、鳍、鳃和骨头里。

放在有放射性钙(溶液的比放射性 50 微居里/升)溶液里 24 小时之后的鲤鱼,经过不同时间间隔后在不同器官和组织中放射性钙的含量见表 4。

表 4 鲤鱼器官和组织在 Ca^{45} 标志后的不同时间的放射性(每克重的干燥器官引起的脉冲/分钟)
(溶液的比放射性——50 微居里/升)

器官名称	在标志后鲤鱼处在清水中的时间	
	20 日	8 个月又 20 日
鳞.....	79,000	3,200
鳍.....	60,154	3,880
鳃.....	40,546	1,400
脊椎骨.....	55,000	3,360
肠.....	357	0
骨骼肌.....	850	40
心脏.....	1,600	100

特别有趣的是在鳞里长期保持着放射性钙。把鲤鱼保存在由于放射性钙而具有 1 或 2 毫居里/升的比放射性的水中 2 小时后,它们的鳞吸收的该元素量使我们在 9 个月以后(可能更长些)都可以用少数的鳞就能很容易用计数器区别出标志的和未标志的鱼类。

用 P^{32} 標誌的魚，在移到清水里去后的第一天，就很快的降低了放射性。例如，將在比放射性 2 毫居里/升的放射性鹽 K_2HPO_4 里养了两小时的鯉魚移到清水里以后，經過不同的期限把它們移到計数器旁，总是讓同一部位（鰓的区域）处在距計数器 2 毫米处。我們看到，在标记后經過 2 小时，計数器的計数为 13,500 脉冲/分鐘，2 天后—6,500，30 天后—260，而 102 天后—10—15。

由此可見，將用这种方法以 P^{32} 标记的成齡魚在标记后 1.5—2 月內移近（整个魚）計数器，就可以很容易地区別出標誌的和未標誌的魚。当經過更長的时间后（到 5 个月），則仅能从骨头的放射性磷分析中区别出標誌的和未標誌的魚来。

当研究在 Азчеррыбвод（庫班爱河流域）的鯉魚（рыбца）——鯽魚（шемай）育苗場的人工条件下鯉魚类的再生产問題时 В. И. 日定和 А. С. 特罗与曾用了以磷同位素 P^{32} 標誌幼魚的方法，这是因为想要計算鯉魚和鯽魚的幼魚（本年生的魚）由普謝庫普斯河游出去的数目，它們正是由这条河中从魚苗場游向地中海去的。

初步的試驗指出，重量約为 100 毫克的鯉魚和鯽魚的幼魚根据放射性磷的剂量和保持在放射性飼培养基中的時間長短能发出每分鐘自 600 到 10,000 的脉冲。在具有放射性 2 毫居里/升的放射性鹽溶液 K_2HPO_4 里停留 2 小时之后，幼魚能每分鐘給 6—7 千个脉冲。但是当把它們移植到清水中时幼魚的放射性就很快的降低了。魚的放射性随着時間而减少比由于磷本身的自然蛻变而降低放射性还要来得快。幼魚放射性这样加速的降低是和下面的情况有关的：在魚体中不仅进行着 P^{32} 的蛻变，而且还有一部分被从外面和食物一同吸收进来的稳定性的磷所替換了；另一部分被魚体的表层所吸收的 P^{32} 可能是被溶解在外界液体內的阴离子所夺取了。

在标记过 2 天之后，幼魚（мальк）的放射性大約等于每分鐘

6,000 脉冲，即减小了一半。而在 2 个月之后，减为原来的 $1/40$ （幼鱼每分钟发出大约 150 脉冲）。此后鱼的放射性降低的速度比起如果鱼体内的磷没有换为由外面所吸收的磷时应当预计的速度快一倍。虽然如此，经过 3—4 个月之后仍然可以用计数器来区别出标记的和未标记的鱼。

曾标记过 11 万 2 千个鲤鱼和鲢鱼的幼鱼。标记是用下面的方式进行的。将一部分预定要由养鱼场放出的幼鱼放在含有放射性磷（溶液的比放射性：2 毫居里/升）的 Na_2HPO_4 溶液里 2 小时。再将这些幼鱼移到清洁的流动水里，以后将它们和未标记过的鱼一同放到河里。标记在容积 80 升的养鱼池里进行。在每个鱼池里同时放入 4,000 条鱼。池里的水通了空气。

以后组织在卜赛库卜斯（Псекупс）河和库邦娜与卜罗托克（Кубан и Проток）河口定期捕捉游过的鱼并确定在它们之中曾被标记过的鱼。

用放射性磷标记鱼使我们不用放水也不必让它通过捕鱼器就能制定出计算池中鱼数的方法。这方法说明如下。从池里捞出定量的（按鱼种计算）鱼用放射性磷给它们进行标记半小时或 1 小时，在流动的水里洗清后再放到原来的水池里去养。在这以前池水放低一些，而将标记的鱼放到池的各端去。经过两三天以后当标记的鱼游散开了而已和未标记的混合起来之后，从池里各端捕捉少数的鱼。这样的捕捉进行 3—4 次。在被捕的鱼中用计数器确定标记的和未标记的鱼。按着它们的比例来计算水池里的鱼的总量。如果细心的进行标记和计数则我们的方法在精确度上超过一般广泛应用于在鱼流过捕鱼器之后在对照桶里计数的方法。在鲤鱼——鲢鱼养苗场的三个试验池中，用我们的方法计算的鱼数几乎完全与逐个计数池里全部的鱼的结果相符合。这在表 5 可以看出。

我们的方法比大多数正应用的方法优越的地方，除了精确之外就是鱼的死亡损失很小。而用捕鱼器时则大量的鱼因磷的损坏

而死亡。

因此，放射性元素标志昆虫和鱼可以大规模地并在相当长的时间内应用。应用这种方法标志昆虫和鱼可以解决昆虫学、鱼类学和养鱼业中的某些重要的问题。

表 5 逐个计数池中鱼数和用标志法计鱼数的结果

池号	鱼 种	池 中 鱼 数	
		逐个计数	用标志法计数
2	鲤鱼.....	5,533	5,566
4	鲤鱼.....	5,107	6,084
	鲢鱼.....	709	387
	其他(杂鱼)	493	267
	总计	6,309	6,738
6	(рыбец) 鲤鱼.....	9,523	10,789
	(шемя) 鲢鱼.....	1,122	1,095
	其他(杂鱼)	460	386
	总计	11,105	12,270

参 考 文 献

1. Шура-Бура Б. Л. 1952. Опыт изучения миграции комнатных мух методом радиоактивных индикаторов. Зоологический журнал, 31 (3), 410—412.
2. Collwell R. 1951. Употребление радиоактивных изотопов для определения распространения спор. Сбор. «Действие излучений и применение изотопов в биологии», в. 1 (9), сер. Б, стр. 123—124, изд. ИЛ.
3. Griffin D. K. 1952. Radioactive tagging of animals under natural conditions, Ecology, 33, (3), 329—335.
4. Jankins D. W. a. Hassett C.C. 1951. Dispersal and flight range of subarctic mosquitoes marked with radiophosphorus, Canad. J. Zoology, 29, (3), 178—187.

[殷美姑译。作者：В. И. Жадин, Н. Б. Ильинская, А. Н. Световидов и А. С. Трошин. 原题：Задачи и метод маркировки насекомых и рыб радиоактивными изотопами.]

关于苏联生物物理学在农业中的 成就和任务的科学会议的决议

总 論

1. 按照苏联共产党中央委员会九月全体会议和苏联最高苏维埃第五次会议关于从根本上改进农业和为轻工业建立原料基地的决议，“苏联生物物理学在农业中成就和任务科学会议”的参加者们认为物理因素在农业中的合理利用可以对提高产量，对改进农产品质量和提高畜产品产量起很大的作用。因而应当促进在农业实践中输入物理的分析方法和控制方法。

2. 与会者们认为这次会议的召开是及时的。它无疑地有助于交流拟定应用生物物理学最新成就的计划和拟定在这领域中进一步开展科学研究工作的综合性细致计划中的经验。

3. 科学会议认为应当每年召开一次会议来总结生物物理学领域中的科学工作和总结这些工作在国民经济中应用的结果。

4. 科学会议认为应当出版在这次会议中所作的报告。

5. 为了向集体农庄庄员和农业专家介绍在农业中应用物理的最新成就，会议呈请全苏农业展览会管理局在全苏农业展览会上对这方面的工作作广泛的展览。

I. 在农业中应用电离性射线 和超声波的可能性

电离性射线

1. 实验室的，营养的和田间的实验都证明了在一定的条件

下使用由放射性同位素或天然放射性物质所放出来的小剂量电离性射线可以显著地提高农作物产量和改进产品质量，可以加快成熟期并增强植物对疾病、稻瘟病和冬寒的抵抗能力。

在这方面，乌克兰科学院植物生理及农业化学研究所，苏联科学院生物物理研究所和一些其他机关的研究是特别成功的。会议认为必须赞同他们的工作。

科学会议在听取了报告和关于报告的讨论之后，认为为了进一步发展小剂量电离性射线在农业中应用的理论研究和实际工作，必须：

a) 在关于放射性同位素，天然放射性物质和伦琴射线的小剂量电离性射线对于提高产量和改进农产品质量，在加快成熟期，加强植物越冬性和加强植物对不利外界条件特别是对稻瘟病和其他疾病抵抗力的影响方面，应当作更深入的研究和田间试验。

b) 扩大关于不同类属植物的生物学特征对于各种放射性元素射线的反应的研究。

2. 会议注意到了乌克兰科学院植物生理和农业化学研究所关于植物各种组织和器官对于放射性和稳定性同位素不同的吸收和固定作用所作的极为重要的观察，也注意到趋放射性(радиотс-пизм)现象。会议认为必须请求许多研究所(乌克兰科学院植物生理和农业化学研究所，苏联科学院生物物理研究所，苏联科学院植物生理研究所)仔细地检验这些研究，尤其对于其测量方法应该特别注意。

3. 为了在关于小剂量放射性同位素，天然放射性元素及电离性射线对农作物产量和改进农作物质量等的影响方面进行广泛的有成效的实验，会议建议苏联科学院生物物理研究所和乌克兰科学院植物生理及农业化学研究所重新审查和增补已有的指示，应该在其中详叙关于布置，进行和统计田间实验和营养实验的方法。

4. 會議認為有必要开展关于因放射性同位素而丰产的食品对于人和动物健康的影响方面的研究。

超 声 波

1. 會議認為苏联科学院生物物理研究所即將研究成功的关于应用超声波来解决生物工业中迫切技术問題的工作是很切合实际需要的。

2. 超声波对于微生物，單細胞和多細胞生物有破坏作用的实验事实提出了应用超声波来灭菌的問題。这种灭菌方法可以广泛地在漁业或其他企业中应用。

3. 超声波加速乳化过程的性質甚至在目前已可以在生产中(糖果工业、面包工业等)广泛地应用了。超声波对于扩散过程和結晶过程的速度以及它对于介質黏滯性的影响使得它在一系列生物工业(如糖业)中的应用很有前途。

4. 會議認為应从解釋超声波对植物生長的刺激作用的观点出发来进一步研究弱超声波对生物体(植物細胞)作用的机制。

II. 植物人工光照在农业中的应用

1. 會議認為由于苏联科学院植物生理研究所，吉米里亞席夫农业科学院，全苏列宁农业科学院农业物理研究所以及許多先进国营农場和集体农庄(“馬費諾”，“捷普利奇內”，“克拉斯科沃”，“列宁”等)工作的結果，現在已經在实际上証明了冬天应用人工光照来在溫室里培养植物的可能性。

2. 基本上应当推荐 40 瓦特的螢光日光灯来作为对植物进行人工光照的光源(从現在已有的产品中推荐)。在最近期間內也仍推荐 3H-7 型 300 瓦特帶反射鏡的白熾灯(用于可移动裝置中)。

3. 为了和溫室玻璃被煤煙弄污的現象进行斗争，呈請苏联

重工业部建筑工业中央科学研究所拟出关于清洁温室玻璃的实际方法的指示,并把这指示轉有关部门。

4. 在一部分科学研究工作, 实验工作和建筑设计工作中首先应作到:

- a) 研究光谱組成和强度对于蔬菜植物收获量的影响。
- b) 研究綠色叶子的光学性質和植物有机体的能量平衡。
- c) 研究出新类型的灯, 开启設備和在溫室中培养蔬菜时所用的特殊測量裝置。

III. 紫外綫在农业中的应用

會議注意到在用紫外綫光源照射牲畜(鸡、猪)以提高它們的产量, 用紫外綫照射食品以延長保存期并提高質量, 照射酒类飲料以加速醇化等方面工作的良好結果。

會議認為必須:

1. 呈請苏联科学院主席团建議苏联国营农場部, 苏联农业部和苏联食品工业部对已經实践証明有效的裝有 ПРК 型灯的移动照射裝置組織廣泛的試用, 用它来照射牲畜(А. Е. 諾維考夫悬挂式裝置)和在檻飼期中(при клеточном содержаниях)照射禽类(П. А. 奧謝特洛夫自行照射裝置)。

2. 为了在农业中推广应用, 建議食品工业和商业网应用灭菌灯来消毒倉庫、商店和儲存室內的空气, 以延長产品的儲存期限。

3. 扩大在畜牧业和养禽业中应用激紅灯(эритемная лампа)和灭菌灯的实验。

4. 在苏联科学院生物物理研究所, 苏联科学院生物化学研究所, 苏联医学科学院出版社和苏联保健部的科学工作綱要中訂出研究紫外綫的題目: 照射時間和强度对植物的意义; 不同波段紫外綫对生物体的影响, 特别是对于新陳代謝, 对于提高产量, 对于

生物体免疫性和生理机能的影响；生物体或产品被照射时的生物物理变化和生物化学变化。

5. 苏联科学院生物物理研究所应综合和广泛宣传在农业中应用紫外线的经验和成就。为此应组织有关的科学技术文献和指示的出版。

IV. 高频率电流在农业中的应用

1. 会议赞同以 A. A. 巴依考夫命名的苏联科学院冶金所高频电流实验室和以 B. П. 扶罗哥金命名的高频率电流研究所共同完成的关于用高频率电流加热以提高小麦播种质量的工作，也赞同苏联农业电气化科学研究所关于使种子和谷种干燥的工作。

2. 苏联科学院高频率电流实验室和高频率电流研究所所采取的方向是把高频率干燥和真空干燥法配合起来，这个方向从其提高农业的技术性的程度来看是很有希望的和效率很高的，它在其他的干燥方法中占有一定的地位。以后应继续研究如何使真空管发射机和此装置所需要的真空装置更加完善，并且价格更低，同时也要研究如何减少应用高频率电流的电能消耗。

3. 应当认为关于当种子被高频率电流加热时热量和水分交换问题的研究是适时的，并且应当认为这种研究可以对关于影响植物以后的生长的复杂生物学变化的研究提供了可能性。

4. 估计到高频率电流在非导体中(介质和半导体)引起纯粹的热效应，而这种热效应可能有更有利的和更能控制的温度分布，也估计到高频率电流的能量消耗量较之其他加热方法更为准确，所以认为广泛地布置关于用高频率电流加热农产品(灭菌，巴氏灭菌法和干燥)和生物体的研究工作是适当的。

5. 会议赞同全苏列宁农业科学院农业物理研究所完成的创造研究土壤和地下空气物理性质的方法和仪器的工作。

6. 苏联科学院哥尔斯基分院所进行的关于被植物同化了的

营养元素的研究指出，土壤温度对于个别营养元素被植物同化和在植物体中运动的影响是很大的。

7. 必须继续研究植物与土壤降温 and 土壤升温的关系。这方面的研究结果对于向北方迁移作物，对于改善在保护地中(защищенный грунт)植物的环境和对于与危害作物的南方土壤过热作斗争都会有实际意义的。

8. 会议注意到苏联科学院地质物理研究所所开始的关于用烟幕来防止植物霜冻的工作的重要性，并转请地质物理研究所注意到迅速把上述工作扩大和运用到实际中去的必要性。

V. 农业中新的物理研究方法

1. 会议确定，同位素的方法是能够解决农业中重要问题的有效分析方法之一。用这种分析方法可以定性的和定量的研究进入植物和动物体中微量物质的行径。这种方法保证了去研究植物同化作用的强度，保证了对各种同化作用作相对的估计，并保证了确定一些微量元素在农作物和牲畜的营养中的作用和解释这些元素在土壤、动物和植物体内的行为。

2. 病毒和微生物被放射性同位素标记的可能性造成了有利的条件来及时利用和作出预防措施来对农作物和牲畜的传染病作斗争。用示踪原子标记害虫使得精确研究它们由传染病发源地向外传播的距离成为可能，这就帮助我们作出向它们斗争的措施。在养鱼场中标记幼鱼是很重要的，它提供了关于鱼由养鱼场向基本养殖池移动的资料。

3. 在解决上述问题中有效地利用示踪原子的可能性，使得现在不仅必须在科学研究中，并且必须在大企业的科学实用的实验室中广泛使用。为此应当促成制备大量可以定性并定量测出示踪原子的携带式计数器，特别是在田间条件下应用的计数器，必须加速在研究院中已作成的新仪器的生产。

58.1710833
435

中科院植物所图书馆



S0014679

350 关于苏联生物物理学在农业中的成就和任务的科学会议论文集

4. 会议认为进一步使用示踪原子来研究动植物新陈代谢、光合作用、脂肪形成、糖分蓄积和其他等过程是很重要的。这些过程的阐明将给提高收获量和生产力的方向提供理论根据。在这方面的放射性色层分析法也是很有价值的。

5. 为了检查食品产品的质量，会议认为进一步进行关于应用反常吸收区内电磁能吸收的方法的研究是很适当的。

[李赋鎬译。原題: Резолюция научной сессии, посвященной достижениям и задачам советской биофизики в сельском хозяйстве.]

151
日期 1958.10.28

来源 彭子

存書處 植物研究所

外幣

人民幣

58.1710833

1478221

435

584

美前苏联生物物理学在农业
中的成就和任务的科学
会议摘要

A. M. 库津主编

五八二 伍月拾叁日

58.1710833
書 号 435

登記号

統一書号: 13031·4

定 价: 2.10